UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE

ESTUDO DA FOTOSSÍNTESE DE ESPÉCIES DOMINANTES EM FLORESTA DE TRANSIÇÃO NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA

ANDERSON ORTIZ ALVES

Prof. DR. JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA

Cuiabá-MT, Junho de 2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE

ESTUDO DA FOTOSSÍNTESE DE ESPÉCIES DOMINANTES EM FLORESTA DE TRANSIÇÃO NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA

ANDERSON ORTIZ ALVES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Física e Meio Ambiente.

Prof. DR. JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA

Cuiabá, MT, Junho de 2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente

FOLHA DE APROVAÇÃO

Título: ESTUDO DA FOTOSSÍNTESE DE ESPÉCIES DOMINANTES EM FLORESTA DE TRANSIÇÃO NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA

Autor: ANDERSON ORTIZ ALVES

Dissertação defendida e aprovada em ______ de _____ de 2004, pela comissão julgadora:

Prof. Dr. José de Souza Nogueira Orientador UFMT

Prof. Dra.Luciana Sanches Examinadora Interna (UFMT)

Prof. Dr. Marcílio Pereira Sousa Examinador Externo (UNEMAT) verso da contra capa...

DEDICATÓRIA

A Deus por conceder-me a vida, a meus pais por sempre me apoiarem nos momentos de dificuldade, aos meus antepassados, por terem perpetuado, garantindo assim minha existência. E a todos que, apesar de não mais se fazerem presentes, apóiam, inspiram me ajudam em todos os pequenos e grandes feitos de minha vida, a vocês dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao PARANÁ, meu Orientador Prof. Dr. José de Souza Nogueira;

Aos meus Amigos: Agnaldo Borges Ferreira; Ao KIM (Darci Barbieri Junior); ao Florício Rocha Filho; a Márcia Klein, ao Luiz Carlos Paggi e a Kelli Cristina Munhoz;

Ao Prof. DR. Nicolau pelo incentivo e exemplo a ser seguido;

Aos Professores: DR. José Campelo de Holanda Júnior e Sergio;

Ao Eduardo Miranda por tanto ter me ajudado;

Aos colegas do Mestrado, em especial ao André e Família;

A Soilse por ter colaborado nos serviços da Secretaria do curso;

Ao Durval, por ajudar no campo durante as coletas dos dados;

A UNEMAT, em especial Campus de Alta Floresta – MT, pela compreensão e apoio;

Aos Colegas professores da UNEMAT de Alta Floresta – MT;

Ao Djalma Ramires Chefe do Departamento de Biologia;

Aos companheiros do Projeto UNEMAT na Comunidade José Martins e Márcia de Col de Farias;

Aos Bolsistas do LBA de Alta Floresta MT Higo e Wanessa, aos de Sinop, Fernando Raiter, Jansen e Wander;

Aos acadêmicos do 5º e 6º semestres os quais eu leciono;

Ao Amigo sempre leal nos momentos de dificuldade Vereador Doglas Luiz Arisi;

A amiga Maristela, por ouvir, incentivar, orar e acreditar em mim quando eu mais precisava;

Aos Funcionários da UFMT;

Ao Gaúcho e Funcionários de sua lanchonete:

Aos meus bichinhos de estimação, Neguinho, Puf, Picthula e Azul;

Aos Funcionários da REAL NORTE, em especial ao Valdomiro, pelos descontos e prazos nas passagens;

A todos da Auto Escola Petrucci;

A minha EX-namorada, por ter ficado ao meu lado até o mês de Maio deste ano, depois de quatro anos de relacionamento;

Aos meus professores quer sejam os do primário ou os da faculdade, por tudo do bom que aprendi;

Aos meus pais, demais familiares e amigos, pelo constante apoio, carinho e incentivo.

SUMÁRIO

LISTA D	E FIGURAS	i
LISTA D	E TABELAS	iii
LISTA D	DE ABREVIATURAS E SIGLAS	iv
	O	
ABSTRA	CT	vi
CAPÍTU	LO 1. INTRODUÇÃO	1
CAPÍTU	LO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1.	FLORESTA AMAZÔNICA E SUAS FRONTEIRAS	3
2.2.	LUZ E ENERGIA	
2.3.	FOTOSSÍNTESE	15
2.3.		
2.3.	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
2.3.	- · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
2.3.		
2.4.	CICLO DO CARBONO	34
CAPÍTU	LO 3. MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1.	Descrição da Área de Estudo	38
3.1.	' ·	
3.1.	2. Vegetação e Solo	40
3.1.		
3.2.	COLETA DOS DADOS DE FOTOSSÍNTESE	
3.3.	COLETA DOS DADOS DE TEMPERATURA ÓTIMA	
3.4.	COLETA DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO	
3.2.	1. Processamento dos dados	44
CAPÍTU	LO 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1.1	FOTOSSÍNTESE MÁXIMA EM FUNÇÃO DA PAR	46
4.2	COEFICIENTES DO PONTO DE SATURAÇÃO DE ACORDO COM A SAZONALIDADE	
4.3	Temperatura Ótima	
CAPÍTU	LO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	54
CAPÍTII	LO 6 RIRLIOCRAFIA	56

Lista de Figuras

Figura 2.2 Mapa dos Estados Brasileiros que compreendem a Amazônia Legal	7
Figura 2.3 Fronteiras e pólos madeireiros da Amazônia	8
Figura 2.4 Áreas da floresta que sofrem secas sazonais.	. 10
Figura 2.5. Componentes da luz visível, compreendendo os comprimentos de onda	ì
da radiação PAR	. 13
Figura 2.6 Constituintes atmosféricos no espectro de absorção da radiação ao nível	1
da superfície terrestre	. 14
Figura 2.7 Possíveis passos da evolução da fotossíntese e sua influência em nível	
global	. 17
Figura 2.8. Representa o sítio do cloroplasto e sua principais estruturas internas	. 18
Figura 2.9 Esquema representado absorção de um fóton e excitação de um elétron	em
um pigmento fotossintético.	. 19
Figura 2.10 Esquema representando a fluorescência.	. 19
Figura 2.11 Esquema representando os três possíveis destinos da energia do elétro	n,
até voltar ao seu estado fundamental.	. 20
Figura 2.12. Representa os tipos de Pigmentos e seu papel de acordo com o	
comprimento de onda da luz.	. 23
Figura 2.13 Figura de funcionamento da Antena.	. 24
Figura 2.14 Esquema representando a fase clara e a fase escura da fotossíntese	. 26
Figura 2.15 Esquema simplificado da Fotossíntese C ₃	. 27
Figura 2.16 Esquema representando a Reação de carboxilação do ciclo C ₃	. 28
Figura 2.17 Representação de uma via simplificada do modelo C4 da fotossíntese.	29
Figura 2.18 Esquema simplificado do modelo CAM da fotossíntese	. 30
Figura 2.19 Esquema simplificado da fotorrespiração	. 33
Figura 2.20 Ponto de compensação de luz(C).	. 33
Figura 2.23 Ciclo do Carbono.	. 35
Figura 3.1. Localização da área em estudo.	. 38
Figura 3.2 Imagem do satélite Landsat mostrando a localização da torre	. 39

Figura 3.3 Torre micrometereorológica instalada na área em estudo
Figura 3.4 LI-COR 6400. 42
Figura 3.5 Os pontos dos valores dos coeficientes de a = Eficiência Quântica (Φ), b
= Ponto de Saturação (PS) e <i>c</i> = Ponto de Compensação à Luz (PCL)45
Figura 4.1 Fotossíntese máxima (μmol.m ⁻² .s ⁻¹) em função da radiação
fotossinteticamente ativa (PAR) em folha de planta Dinizia excelsa, nas
estações úmida e seca
Figura 4.2 Fotossíntese máxima (μmol.m ⁻² .s ⁻¹) em função da radiação
fotossinteticamente ativa (PAR) em folha de planta Laranja, nas estações úmida
e seca
Figura 4.3 Fotossíntese máxima (μmol.m ⁻² .s ⁻¹) em função da radiação
fotossinteticamente ativa (PAR) em folha de planta Quiina pteridophylla, nas
estações úmida e seca
Figura 4.4 Fotossíntese máxima (µmol.m ⁻² .s ⁻¹) em função da radiação
fotossinteticamente ativa (PAR) em folha de planta Brosimum lactescens, nas
estações úmida e seca
Figura 4.5 Coeficientes dos Pontos de Saturação (b) de acordo com a sazonalidade.
50
Figura 4.6 Precipitação diária para o ano de 2003
Figura 4.7 Fotossíntese máxima em função do aumento da temperatura para a espécie
Quiina pteridophylla52

Lista de Tabelas

Tabela 2.1.Mostrando a comparação entre plantas C3, C4 e CAM	30
Tabela 3.1.Total mensal de precipitação para Sinop-MT	40

Lista de abreviaturas e siglas

IMAZON = Instituto do Homem e do Meio Ambiente Amazônico

UV = radiação ultravioleta

VIS = radiação visível

IVP = radiação infravermelho próximo

CO₂ = Dióxido de Carbono

 $O_2 = Oxigênio$

m = metros

s = segundos

Chl a = clorofila a

Chl b = clorofila b

Chl c = clorofila c

Chl d = clorofila d

P₇₀₀ = pigmento de absorção ótimo em 700 nanômetros

RuBisCO = ribulose 1,5-bifosfato

PGA = ácido 3-fosfoglicérico

PGAL = 3-fosfoglicerato

C₃ = plantas que usam a molécula de RUBP (5 carbonos)

C₄ = plantas que usam ácido oxalacético

CAM = plantas que usam o ácido PEPcase; malato

FL = Fotossíntese líquida;

FB = Fotossíntese bruta;

R = Respiração

 H_2O = fórmula da água

Etu = a transpiração da folha

Ppm = partícula por milhão

Km = quilômetros

 Km^2 = área em quilômetros quadrados

LBA = Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia

cm = Centímetros

Am = Tipo climático segundo classificação de Koppen

°C = unidade de medida de temperatura em Graus Celsius

mm = unidade de medida para precipitação em milímetros

 $F_{\rm c}$ = troca líquida da folha

A = capacidade estimada de utilizar baixas intensidades luminosas (rendimento quântico)

Q = radiação fotossinteticamente ativa

 $A\infty$ = troca bruta de CO₂ com saturação de luz (Amax)

 $R_{\rm d}$ = é a taxa de respiração

 $a = \text{Eficiência Quântica } (\Phi)$

b = Ponto de Saturação

c = Ponto de Compensação à Luz (PCL)

RESUMO

ALVES, Anderson Ortiz. **Estudo da Fotossíntese de Espécies Dominantes Em Floresta de Transição no Sudoeste da Amazônia**. Cuiabá, 2004. 77p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

Medições de Fotossíntese Máxima $(A \max)$ função da Radiação em Fotossíteticamente Ativa (PAR) em estações seca e úmida, para as espécies Dinizia excelsa, Quiina pteridophylla, Brosimum lactescens e, temporariamente identificada, Laranja; Amax em função do aumento da temperatura para as espécies Quiina pteridophylla e Dinizia excelsa e obtenção dos coeficientes do ponto de saturação de acordo com a sazonalidade para as espécies Brosimum lactescens (com valores medidos em folhas à 20 m e 26 m), Tovomita cf. schomburgkii e Laranja, foram realizadas em área de floresta de transição, denominada cerradão, localizada na fazenda Maracaí, município de Sinop, Estado de Mato Grosso, Brasil. Os dados brutos da taxa de fotossíntese e temperatura ótima foram obtidos usando medidor da LI-COR, modelo (LI-6400, LI-COR, Lincoln, Neb., USA), calibrado com padrão de 300 e 400ppm para o CO₂, com fonte luminosa do LI-6400 (6400-02B LED light source), temperatura da folha de 28 °C e umidade ambiente, que variou de 65 a 80%. Os dados de precipitação foram fornecidos pela estação metereológica da Fazenda Continental à 17 Km do local do experimento e torre micrometeorológica (LBA). Os coeficientes foram obtidos pelo programa CurveExpert Versão 1.7 2001. Constatou-se que houve diferenças nos valores de Amax, para as espécies estudadas e a Amax de uma mesma espécie difere em relação a estação do ano. Os Coeficientes dos Pontos de Saturação diferem em uma mesma planta, dependendo da altura da folha na copa e acompanham o regime de precipitação do ecossistema. A temperatura ótima obtida em medidas feitas em duas espécies foi de 32°C. Temperaturas superiores são desfavoráveis ao rendimento fotossintético.

Palavras-chave: Fotossíntese Máxima, cerradão, temperatura ótima.

ABSTRACT

ALVES, Anderson Ortiz. Study of the Photosyntheses of Dominant Species In Forest of Transistion in the Southwest of the Amazônia. Cuiabá, 2004. 77p. Institute of Accurate Sciences and the Land, Federal University of Mato Grosso.

Measurements of Maximum Photosyntheses (Amax) in function Active the Fotossíteticamente Radiation (PAR) in dry and humid stations, for the species Dinizia excelsa, Quiina pteridophylla, Brosimum lactescens, and, temporarily identified, Laranja; Amax in function of the increase of the temperature for the species Ouiina pteridophylla and Dinizia excelsa and attainment of the coefficients of the saturation point in accordance with the seasonal for the species Brosimum lactescens (with values measured in the 20 leves to m and 26 m), Tovomita cf. schomburgkii and Laranja, had been carried through in area of forest of transistion, called cerradão, located in the Maracaí farm, city of Sinop, State of Mato Grosso, Brazil. The rude data of the photosyntheses tax and excellent temperature had been gotten using measuring of the LI-COR, model (Li-6400, LI-COR, Lincoln, Neb., the USA), calibrated with gas 300 standard of and 400ppm for Co2, with luminous source of Li-6400 (6400-02B LED light source), temperature of the 28 leaf of °C and surrounding humidity, that 80% varied of 65. The precipitation data had been supplied per the meteorological station of the Continental Farm to the 17 km of the place of the experiment and micrometeorological tower (LBA). The coefficients had been gotten by the CurveExpert program Version 1.7 2001. One evidenced that it had differences in the values of Amax, for the studied species and the Amax of one same species differs in relation the station from the year. The Coefficients of the Points of Saturation differ in one same plant, depending on the height of the leaf in the pantry and follow the precipitation regimen of the ecosystem. excellent temperature in measures made in two species was of 32°C. superior Temperatures is favorable to the photosyntheses income.

Key-word: Maximum photosyntheses, cerradão, excellent temperature.

Capítulo 1. Introdução

A Amazônia Mato-grossense sofreu um intenso processo de alterações nas últimas décadas, com o surgimento de inúmeras cidades, onde há aumento das áreas construídas em detrimento das superfícies com cobertura vegetal, principalmente pela concentração fundiária e a mecanização agrícola, podendo originar diversos problemas ambientais caso não sejam realizados estudos e planejamento para orientar o uso do solo.

A cidade de Sinop localizada no Norte de Mato Grosso, no ecótono de floresta tropical de transição, denominado cerradão sendo considerado como uma variação entre a savana e floresta amazônica brasileira, com árvores perenes, de pálio alto, vem sofrendo grandes alterações pela pressão de desmatamentos sobre extensas áreas de cerrado e, nas últimas décadas, também sobre a floresta ombrófila.

A vegetação e o clima coexistem num equilíbrio dinâmico, que pode ser alterado por perturbações diversas em qualquer um dos dois componentes., vários estudos vêm sendo conduzidos visando entender as interações existentes entre mudanças ocorridas tanto na distribuição dos diversos tipos de vegetação, como na sua estrutura e composição química, e o clima (SEMAZZI et al.., 2001, FOLEY et al.., 2002). Dentre esses estudos podem-se citar experimentos de microescala em torres meteorológicas, perfis de umidade e de fluxos gasosos entre a superfície e a atmosfera (GASH & NOBRE, 1997; SHUTTLEWORTH et al.., 1991). Tais experimentos mostraram os efeitos do desmatamento sobre a precipitação e a evaporação, demonstrando que mudanças na vegetação podem influenciar o clima regionalmente.

O grande destaque que a floresta Amazônica exerce no ciclo global de carbono e as alterações na produtividade líquida destes ecossistemas, pelas variações

no regime de chuva e na temperatura, podem alterar significativamente esse ciclo. (SCHIMEL, 1995) relata que o ciclo global de carbono encontra-se em desequilíbrio. Isto significa que o aumento da concentração de CO2 na atmosfera, é menor do que a diferença entre as quantidades emitidas e absorvidas pela biosfera. Estudos recentes sugerem que as florestas primárias estão aumentando seu estoque de carbono funcionando como um "dreno" de carbono (LUGO & BROWN, 1992; FAN et al.., 1998; PHILLIPS et al.., 1998; Phillips et al.., 2002, SCHROEDER, 1992; MALHI et al.. 2002). Isso acontece, pois as plantas desenvolveram a capacidade de transformarem energia solar, em compostos orgânicos, sendo estes principalmente açúcares, graças a um processo denominado Fotossíntese.

A capacidade fotossintética pode se diferenciar de região para região, principalmente de espécie para espécie, e de indivíduo para indivíduo, dependendo exclusivamente das condições ambientais. Portanto a taxa fotossíntética de um grupo de plantas poderá influenciar na quantidade de gás carbônico, presente em um determinado ambiente.

As plantas são muito importantes nos fluxos de massa e energia nos ecossistemas, um melhor conhecimento da fisiologia das espécies dominantes desta área de ecótone, dará mais segurança aos dados relacionados com o balanço de carbono, neste tipo de floresta.

O objetivo deste trabalho foi verificar a capacidade fotossintética deste tipo específico de vegetação em função da sazonalidade.

CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FLORESTA AMAZÔNICA E SUAS FRONTEIRAS

As florestas vêm ocupando um espaço cada vez maior no cenário das atenções sobre a crise ambiental, que atingiu escala planetária nesta virada de milênio. As florestas tropicais ocupam lugar de destaque nesse cenário, basicamente porque contêm mais da metade das espécies da biota mundial; a imensa riqueza da biodiversidade tropical é um reservatório ainda pouco explorado de novos alimentos, produtos farmacêuticos, fibras, substitutos do petróleo e outros produtos; e estão sendo destruídas tão rapidamente que provavelmente desaparecerão no próximo século, levando com elas centenas de milhares de espécies à extinção (SANTOS et al., 1997).

De acordo com ODUM (1988), a variedade de vida atinge, talvez, o seu auge nas floresta tropicais úmidas latifoliadas e perinófilias, que ocupam zonas de baixa altitude próximas do equador. A precipitação supera os 2.000 a 2.250 mm ao ano, sendo distríbuidoao longo do ano, geralmente com uma ou mais épocas relativamente "secas" (125mm por mês ou menos). As florestas úmidas ocorrem em três áreas principais: (1) bacias do Amazonas e do Orenoco na América do Sul (a maior massa contínua) e do istmo centro americano; (2) as bacias do Congo, do Níger e do Zambeze do centro e oeste da África, e no Mandagascar; e (3) as regiões da Índia, Malaia, Borneo e Nova Guiné. Essas áreas diferem entre si nas espécies presentes, pois ocupam diferentes regiões biogeográficas, porém a estrutura florestal e a ecologia são semelhantes em todas as três áreas. A variação na temperatura entre inverno e verão é menor do que a variação entre a noite e o dia. A periodicidade sazonal na reprodução e em ouras atividades de vegetais e animais relaciona-se, em grande parte, com variações na precipitação ou regulada por ritmos inerentes. A

floresta pluvial é altamente estratificada. As árvores geralmente formam três estratos: (1) árvores emergentes, muito altas e espalhadas, que se projetam acima do nível geral do (2) estrato de dossel, que foram um tapete contínuo sempre verde, a uma altura de 25 a 30 metros, e (3) um estrato de sub-bosque, que se torna denso apenas onde ocorre uma interrupção no dossel. As árvores altas tem raízes pouco profundas e muitas vezes apresentam bases inchadas ou "contra fortes". Uma profusão de plantas trepadeiras, principalmente cipós lenhosos e epífitas, muitas vezes escondem o contorno das árvores. O numero de espécies vegetais é muito grande; freqüentemente, existem mais espécies de árvores em poucos hectares do que em toda flora da Europa (RICKLEFS, 2001).

A distribuição dos biomas resulta de três tipos de fatores físicos: (1) a distribuição do calor do sol e a relativa sazonalidade das diferentes porções da Terra; (2) os padrões globais de circulação de ar, particularmente as direções nas quais prevalecem os ventos carregados de umidade; e (3) alguns fatores geológicos tais como as distribuições de montanhas e suas alturas e orientações. Todos esses fatores interagem para produzir os padrões variáveis de vegetação na face da Terra e explicam as diferenças na produtividade das diferentes regiões geográficas. As áreas terrestres do mundo são descontínuas, e essas separações das massas de terras têm um efeito importante na distribuição de organismos. Além disso, existem freqüentemente nítidas diferenças na precipitação, no substrato, no clima e em outros fatores, comprando-se diferentes locais terrestres. Tais diferenças significam que a distribuição de qualquer tipo particular de organismo terrestre é provavelmente muito mais limitada que aquela de um organismo de tamanho e mobilidade semelhantes no mar (RAVEN, 2001).

As florestas tropicais situam-se entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, em 1700, cobria cerca de 23 milhões de quilômetros quadrados, área atualmente reduzida para cerca de 10 milhões de quilômetros quadrados. A floresta tropical úmida situa-se entre os trópicos, em altitudes inferiores a 1300 metros, onde o clima é quente e úmido: chove muito (no mínimo 100 milímetros de chuvas mensais em cerca de 66% de um período de 03 anos), e a média anual de temperatura é de 24 °C. Esse tipo de floresta abriga a maior diversidade em espécies vegetais e animais do planeta. Apresenta árvores de grande porte, que chegam a 45 metros de

altura, ao lado de outros tipos de vegetação das mais variadas alturas. Sobre os galhos das árvores há uma grande quantidade de plantas trepadeiras, principalmente orquídeas e bromélias (RIZZINI, 1992).

Segundo BOSCHILIA (2001), as florestas tropicais, como o próprio nome indica, localizam-se entre os trópicos, ao norte e ao sul do equador (principalmente na América do Sul, África e Índia). Florestas de clima quente, úmido, com alto índice pluviométrico. São as florestas mais exuberantes e ricas em espécies tanto vegetais como animais. A vegetação apresenta folhas largas, onde a transpiração é intensa, que não caem no inverno, pouco rigoroso. São por isso denominada perenifólias ou perene. A vegetação forma uma imensa cobertura, sob a qual existem inúmeros estratos de vegetação. Cipós, orquídeas, samambaias, musgos, liquens se desenvolvem sobre os sobre os troncos de árvores, buscando uma melhor luminosidade. Os estratos criam microclimas, com muitas variações de nichos ecológicos, onde convive uma grande quantidade de espécies animais, tais como: invertebrados (artrópodes, anelídeos, moluscos, aracnídeos, etc.), anfíbios (rãs, sapos, pererecas, etc.), répteis, mamíferos e uma diversidade muito grande de aves.

A floresta Amazônica é a maior e mais rica floresta tropical do mundo de acordo com. RIZZINI (1992), CECCON & MIRAMONTES (1999) esta é a maior floresta do planeta, onde dentro desta podem surgir vários outros tipos de florestas como: matas de várzea, aluviões fluviais, mata de terra firme, igapó, caatingas do rio Negro, e algumas savanas esparsas, podendo ser denominadas de Cerradão, que se encontram em boa parte em zonas de transição ou denominadas também de zona ecotonal(Figura 2.1).

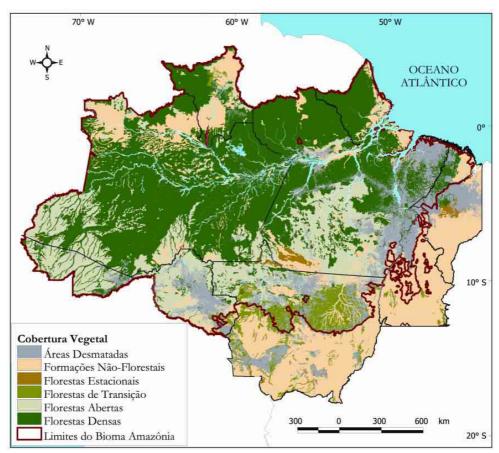


Figura 2.1 Florestas do bioma amazônico, e áreas de ecótone (transição).

Fonte: Fonte: INPE (2003), WWF (2000), IBGE (1997), WHRC (1992) e IBGE (1991).

CECCON & MIRAMONTES (1999) afirmam que a Amazônia Legal é compreendida em uma área que corresponde a 59% do território brasileiro, com aproximadamente 5,5 milhões de Km², formado pelos Estados do Acre, Amazonas, Pará, Amapá, Rondônia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso e parte dos Estados de Goiás e Maranhão, sendo 74% de florestas (38% são florestas densas, 36% florestas não-densas), 13% de cerrados e campos, e 13% de áreas desmatadas. Nesta área há 28 tipos diferentes de comunidades vegetais, e somente 33% destas se localizam em áreas com proteção legal (Figura 2.2). É cortada por inúmeros rios. O solo é pobre, constituído basicamente por argila e areia. As plantas se alimentam do próprio material orgânico que cai no chão. Árvores que morrem, folhas, frutos, flores, vermes, insetos, tudo que chega ao chão e é rapidamente decomposto pelos agentes decompositores, e novamente reabsorvido pelas raízes das plantas, que são superficiais. Apresenta um alto índice pluviométrico. A evaporação, seja dos rios,

dos oceanos ou da própria floresta é muito alta, o que propicia grandes volumes de chuva.



Figura 2.2 Mapa dos Estados Brasileiros que compreendem a Amazônia Legal.

Fonte : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (1997)

A estabilidade dinâmica em que se encontra a floresta tropical vem sendo agredida pela utilização indiscriminada de seus recursos naturais, ao qual o homem necessita para produzir alimentos e energia obtida através do uso da lenha, sendo o impacto humano na biosfera enormemente evidenciada pela densidade existente deste mesmo, ou seja, uma pessoa para cada 3,5 hectares de terra (4,3 x 10⁹ pessoas em 14,0 x 10⁹ hectares de terra), ODUM (1988). O uso exacerbado de madeira de florestas tropicais como fonte primária de energia para o suprimento de cozimento de alimentos juntamente com os desmatamentos desordenados de assentamentos têm provocado uma perca gigantesca em termos de florestas naturais, afirma (LAMPRECH, 1996). Segundo GLIESMAMM (2001), o desmatamento provoca alterações no solo, água, atmosfera, ou seja, direta e indiretamente, a biosfera é afetada demasiadamente, ocasionando mudanças em todo o clima regional,

influenciando no clima mundial, como por exemplo, o efeito estufa que é a liberação de gás CO₂, provocando o tão conhecido aquecimento global.

Dados do Instituto do Homem e Meio Ambiente Amazônico (IMAZON), classifica o estado do Pará como um grande exportador de madeiras. Comenta ainda que o Brasil seja classificado como maior produtor e o maior consumidor mundial de madeira tropical, sendo que deste consumo, mais de 90% desta produção são provenientes da Amazônia. Onde são encontrados na região, 76 pólos madeireiros, que são responsáveis por mais de 95% de toda a madeira extraída em toda a Amazônia brasileira, sendo que 80% da extração e processamento ocorrem dentro do "Arco de Desmatamento" no sul da bacia Amazônica, que são as fronteiras e pólos madeireiros (Figura 2.3), indo de Rondônia ao norte do Mato Grosso e ao sul e leste do Pará. A atividade extrativista de corte de toras na Amazônia cresceu significativamente nas últimas duas décadas. A produção de madeira roliça teve um aumento de 4,5 milhões de m³ em 1976 para 28 milhões de m³ em 1997.

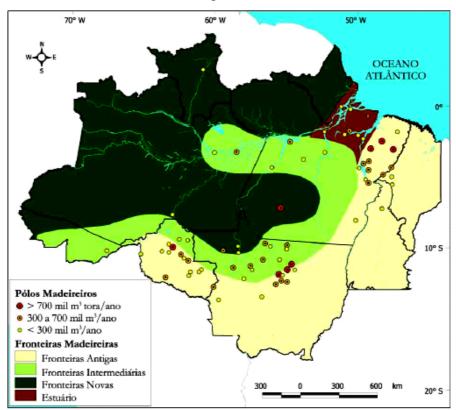


Figura 2.3 Fronteiras e pólos madeireiros da Amazônia.

Fonte: VERÍSSIMO et al. (2002)

No interior da Amazônia, a metade da chuva que cai sobre a floresta é gerada pela própria floresta. De modo paradoxal, grande parte do vapor emitido para atmosfera pela floresta amazônica vem de regiões que experimentam secas sazonais: principalmente no leste e sul da Amazônia, as florestas passam de 3 a 5 meses sob seca, durante a qual a quantidade de chuva é muito menor em relação a quantidade de água que a floresta lança para a atmosfera, através da evapotranspiração. Isto é possível uma vez que estas florestas apresentam um sistema de raízes capaz de retirar água há mais de 10m de profundidade, durante as estiagens anuais (NEPSTAD et al., 1994 apud MOUTINHO & NEPSTAD 1999). Se em lugar das florestas fossem plantadas pastagens, o volume de vapor emitido para a atmosfera seria severamente reduzido, pois as pastagens apresentam evapotranspiração 15% menor em relação àquela das florestas (JIPP et al., 1998).

Sob um clima mais seco, portanto, o fator que mais deverá ameaçar a biodiversidade da Amazônia num futuro próximo será o fogo, e infelizmente, as florestas amazônicas estão perdendo a capacidade de atuarem como grandes "quebra fogo", que ao longo de suas paisagens, deixando de realizar um dos mais importantes serviços ecológicos da floresta, tornando os mega-incêndios fenômenos cada vez mais prováveis. Esta ameaça será maior no sul e oriente da Amazônia, onde as florestas sofrem secas sazonais (Figura 2.4), e onde se localiza a fronteira de ocupação da Amazônia, estabelecida principalmente através do uso do fogo no desmatamento (MOUTINHO & NEPSTAD,1999).

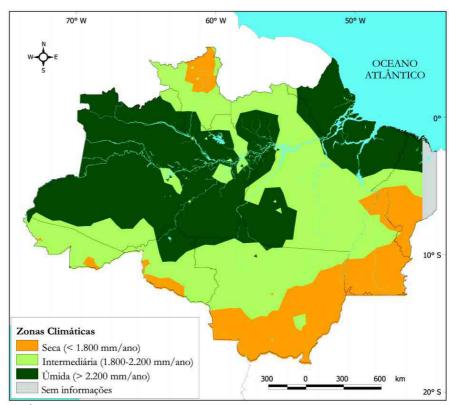


Figura 2.4 Áreas da floresta que sofrem secas sazonais.

Fonte: SCHNEIDER et al. (2000).

Segundo (CAPOZZOLI, 2002) estudos do INPE, afirma que pelo menos 55% das chuvas na Amazônia são provenientes de umidade da própria floresta, sendo reciclada internamente, sem cumprir toda a extensão do ciclo hidrológico, a outra parte provém de evaporação direta do mar. Nos últimos 20 anos, estudos demonstram que o desflorestamento e a queima de biomassa causaram mudanças significativas, mas ainda localizadas, nos ciclos da água, da energia, do carbono e dos nutrientes, assim como na composição atmosférica. A floresta mais uma vez, é citada como importante para a reciclagem do vapor de água através da evapotranspiração durante o ano todo, contribuindo assim para sua própria manutenção aumentando a precipitação das chuvas (NOBRE, 2002).

Portanto, a permanência das florestas representa uma garantia de preservação, não somente do clima e da biodiversidade, mas também da atividade produtiva e da qualidade de vida das populações locais (MOUTINHO & NEPSTAD,

1999). Deste modo, as florestas sob seca sazonal, que cobrem um terço da área amazônica, devem ter maior atenção pelos planos de conservação e pesquisa.

2.2. LUZ E ENERGIA

A existência de vida no planeta Terra depende do fluxo de energia das reações termonucleares que ocorrem no centro do sol, assim PEREIRA et al.. (2002) afirmam que a radiação solar, além do principal elemento meteorológico, influenciando diretamente na existência da vida devido aos fatores de temperatura, pressão, ventos, chuvas e umidade, é a maior fonte de energia para o nosso planeta. A quantidade de energia emitida pelo sol é de 13 X 10²³ calorias por ano. Cerca de um terço desta energia é imediatamente refletida como luz, porém uma grande parte é absorvida pela Terra e convertida em calor e serve para evaporar as águas dos oceanos, dando origem às nuvens que, por sua vez, produzem as chuvas. A energia solar, em combinação com outros fatores, é também responsável pelos movimentos do ar e da água que determina os tipos de clima. As plantas verdes absorvem uma pequena fração de energia luminosa e a transformam em energia química. Este processo da fotossíntese constitui a ligação vital entre estas enormes fontes energéticas do Sol e a energia necessária para todos os organismos vivos RAVEN et al.. (2001) e KLUGE (2003) afirmam que apenas 5% da energia emitida pelo Sol, que alcança nosso planeta, pode ser convertida no processo da fotossíntese foliar.

Há aproximadamente 300 anos, o físico inglês *Sir* Isaac Newton (1642-1727) separou a luz em um espectro de cores visíveis quando conduziu um feixe por um prisma. Sendo assim, Newton demonstrou que a luz branca consistia, na verdade, em numerosas cores diferentes, variando do violeta numa extremidade do espectro ao vermelho na outra. A separação das cores foi possível porque a luz de cores diferentes é desviada (refratada) em ângulos diferentes ao atravessaram o prisma. Já no século XIX, o físico britânico James Clerk Maxwell (1831-1879) demonstrou que a luz é uma pequena parte de um vasto espectro contínuo de radiação, o espectro eletromagnético. Todas as radiações nesse espectro viajam em ondas. Sendo assim, as distâncias entre a crista de uma onda e a crista da seguinte variam desde aqueles dos raios gama, que são medidos em frações de um nanômetro (1 nanômetro = 10⁻⁹

metro), até aqueles das ondas de rádio de baixa freqüência, que são medidos em quilômetros (1 quilômetro = 10^3 metros). A radiação de cada comprimento tem uma quantidade característica de energia a ela associada. Quanto menor o comprimento de onda, maior a sua energia; reciprocamente, quanto maior o comprimento de onda, menor sua energia. Dentro do espectro de luz visível, a luz violeta tem o menor comprimento de onda e a luz vermelha tem o mais longo. Os raios mais curtos da luz violeta têm quase o dobro da energia dos raios mais longos da luz vermelha afirmam RAVEN et al.. (2001).

LEITE & RODRIGUES (2000) dizem que estas descobertas permitiram aos físicos do início do século vinte afirmar que a luz como conhecemos tem tanto a propriedades de partículas como de ondas. Uma onda pode ser caracterizada pelo seu comprimento, representado pela letra grega λ, que é a distância entre as cristas de ondas sucessivas. A freqüência representada pela letra grega υ, representa a quantidade de cristas de onda que passa por um observador em um determinado tempo. Estes termos podem ser representados em uma simples equação que relaciona o comprimento da onda, a freqüência e a velocidade da mesma:

$$C = \lambda \upsilon$$
 (eq. 2.1)

Onde: C é a velocidade da onda (neste caso a velocidade da luz 3,0 x 10⁸ m.s⁻¹). Concluem também que pode ser definida como partículas, denominadas fótons, onde cada um destes possui uma quantidade de energia que é denominada quantum (plural de quanta). Esta energia da luz não é contínua, mas ao contrário, é liberada em discretos pacotes, os quanta, expressa por:

$$E = h v$$
 (eq. 2.2)

Onde:

E = energia de um fóton, e dependerá da frequência da luz;

 $h = \acute{e}$ a constante de Planck (6,626 x 10⁻³⁴ J.s.);

v = é a freqüência da onda.

A luz solar se comporta como uma chuva de fótons de diferentes frequências, e uma pequena faixa deste espectro eletromagnético, chamada luz visível, é perceptível aos olhos humanos, do mesmo modo PEREIRA et al. (2002) dizem que a luz visível é praticamente aquela utilizada pelas plantas para realização da

fotossíntese, denominando-se, portanto fotossinteticamente ativa (RFA ou PAR) (Figura 2.5).

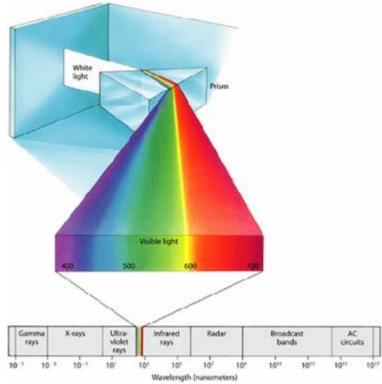


Figura 2.5. Componentes da luz visível, compreendendo os comprimentos de onda da radiação PAR.

Fonte: RAVEN (2001)

PEREIRA et al. (2002) afirmam que a radiação do sol interage com os componentes naturais e artificiais da atmosfera ao atravessá-la, podendo modificar a trajetória inicialmente desenvolvida pelos raios do sol ou, ainda, modificando a quantidade e qualidade inicial. Porem essas interações vão depender do comprimento de onda (λ ,nm) da radiação e do tamanho do constituinte atmosférico, tratando-se de um fenômeno seletivo, pois dependerá das condições atmosféricas do local. De acordo com o espectro de ondas curtas, a radiação solar do ponto de vista biológico, pode ser separada em três faixas distintas, também chamadas de bandas, sendo: radiação ultravioleta (UV) 10 nm < λ < 400 nm, radiação visível (VIS) 400 nm< λ < 700 nm e radiação infravermelho próximo (IVP) 700 nm < λ < 3000 nm. Esta luz visível ou radiação PAR praticamente passa pela atmosfera sem sofrer redução por absorção em sua quantidade, ao passo que a UV é absorvida pelo oxigênio/ozônio,

ficando assim praticamente eliminada do total de radiação que atinge a superfície da Terra, devido ao seu auto poder de penetração e de energia, causa distúrbios nas células vivas, afetando principalmente os microorganismos. Já a porção de IVP é absorvida em grande parte pelo vapor de água da atmosfera, porem o CO₂ também o absorve, concluindo-se então que em dias nublados apresentarão menor proporção de IVP no solo. Os principais constituintes atmosféricos no espectro de absorção da radiação ao nível da superfície terrestre estão representados na figura 2.6(PEREIRA et al.), onde também são revelados os seus papéis no efeito estufa, devido às suas absortâncias nos comprimentos de ondas longas.

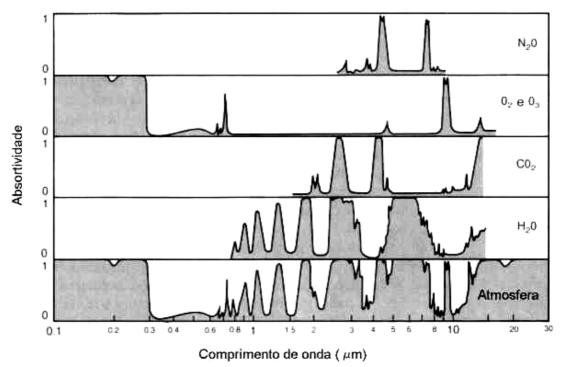


Figura 2.6 Constituintes atmosféricos no espectro de absorção da radiação ao nível da superfície terrestre

Fonte: PEREIRA et al. (2002).

De acordo com ODUM (1988) cientistas vem estudando como a luz se relaciona com os sistemas ecológicos, e como ocorrem suas transformações nos mesmos. RAVEN et al. (2001) afirmam que a energia é a capacidade de realizar trabalho, exemplificando que quando um pássaro se alimenta da semente de uma planta, ele está usando a luz do sol que foi convertida em energia química e armazenada sob a forma de acúcares e outras formas complexas de energia, e dessa

forma esses animais adquirem seu combustível, tão necessário para executar os seus processos vitais. Alfred J. Lotka, foi o primeiro pesquisador a tratar as comunidades ecológicas como sistemas termodinâmicos, afirma RICKLEFS (1996). Em resumo, parte da energia do sol que as plantas assimilam, estabelece a taxa global de transformações nos ecossistemas, pois alimenta todos os processos biológicos e, desta forma, explica que os sistemas ecológicos são governados por alguns princípios gerais, onde um dos mais importantes é o que diz que os sistemas ecológicos funcionam de acordo com as leis da termodinâmica. "A primeira lei da termodinâmica estabelece, de modo bem simples: a energia pode ser convertida de forma à outra, mas não pode ser criada ou destruída" (RAVEN et al., 2001). Portanto, a energia pode ser transformada em trabalho, calor ou ainda transformada em energia potencial de alimentos, não sendo porem destruídas, conclui ODUM (1988). Já a Segunda lei da termodinâmica, conhecida também por lei da entropia, tem como princípio básico que "em todas as trocas e conversões de energia – se nenhuma energia sai ou entra no sistema em estudo – o potencial energético do estado final será sempre menor que o potencial de energia do estado inicial", (RAVEN et al., 2001). Explicando este princípio, ODUM (1988) afirma que em todo processo de transformação energética, a energia final terá sempre passada por uma forma de energia concentrada para uma de energia dissipada. Sendo assim, equivale dizer que a energia inicial é maior que a energia final. Deste modo, os ecossistemas são ditos como sistemas termodinâmicos abertos, fora do que se pode chamar de equilíbrio.

2.3. FOTOSSÍNTESE

Os vegetais clorofilados e as plantas verdes transformam energia, que provem do sol sob a forma de luz, convertendo-a em energia química, usando água e gás carbônico (CO₂), promovendo assim manutenção da vida na Terra, e a este processo dá-se o nome de fotossíntese KLUGE (2003), podendo também ser denominada como síntese usando a luz ou síntese mediada pela luz ODUM (1988) e LEITE & RODRIGUES (2000). Estes seres fotossintetizantes são também chamados de

autotróficos, sendo capazes de sintetizar seu próprio alimento, afirma RICKLEFS (1996).

Não se conhece até hoje ao certo quando se deu o surgimento da origem da fotossíntese, ficando a mesma coberta de mistério, afirma ODUM (1988). Nos primeiros períodos geológicos, uma membrana com atividade fotossintética se desenvolveu em procariontes primitivos (arqueobactéria, bactérias sulfurosas, cianobactérias), quando o ambiente era desprovido de oxigênio (O₂). Por meio da atividade fotossintética dos organismos autotróficos foi possível criar o material e a energia para a evolução da vida na Terra apresentado na figura 2.7. Os produtos finais da fotossíntese, o oxigênio e o carbono assimilado, têm a mesma importância para os seres vivos. O oxigênio foi condição prévia para a respiração, a forma eficiente de oxidação biológica como fonte de energia para o metabolismo e de constituintes estruturais da célula. Os carboidratos tornaram-se substratos universais para a respiração e o ponto de partida para diferentes biossínteses. Com a progressiva evolução, até o surgimento das plantas vasculares terrestres, a produção vegetal também aumentou. As comunidades vegetais constituem, graças à fotossíntese, uma fonte sem dimensões, constante e renovável de biomassa para os ecossistemas.

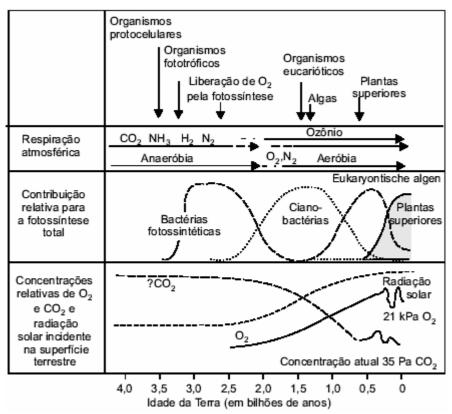


Figura 2.7 Possíveis passos da evolução da fotossíntese e sua influência em nível global.

Fonte: LARCHER (2000)

Durante o processo de assimilação do carbono toma parte o processo fotoquímico dirigido pela luz; o processo enzimático, não dependente da radiação (as chamadas reações do escuro) e os processos de difusão, que são as trocas de dióxido de carbono e oxigênio entre o cloroplasto e a atmosfera LARCHER (2000). Sendo este o último local onde a fotossíntese acontece e que se localiza em um tecido interno da folha, o mesofilo, onde estão os cloroplastos. O cloroplasto é envolvido por uma membrana dupla e seu estroma contém um sistema de membranas formando tilacóides (com os pigmentos fotossinteticamente ativos), ribossomos, plasmídeos (o genoma dos cloroplastos) e diferentes inclusões (por exemplo, depósitos de lipídeos e glicídeos). A conversão de energia radiante em energia química acontece nos tilacóides.

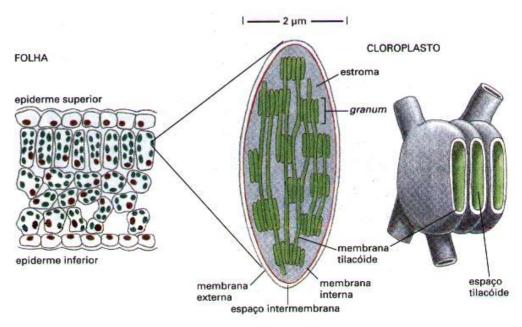


Figura 2.8. Representa o sítio do cloroplasto e sua principais estruturas internas. **Fonte**: RAVEN (2001)

A substância que absorve luz é denominada pigmento, mas a maioria dos pigmentos, entretanto, absorve somente um determinado comprimento de onda e transmite ou reflete os comprimentos de onda que não são absorvidos. Via de regra, a absorção da luz por um pigmento é conhecido como espectro de absorção de cada substância, conclui RAVEN (2001).

A clorofila é o pigmento que torna as folhas verdes, absorve luz principalmente nos comprimentos de onda azul, violeta e também no vermelho; como reflete a luz verde, sua aparência é de cor verde. Um espectro de ação demonstra a eficiência relativa de diferentes comprimentos de onda da luz por um processo específico que requer luz, e tal como a fotossíntese, o espectro de absorção de um pigmento e o espectro de ação de um processo que requer luz comprovam que o pigmento é responsável por este processo em particular. Quando moléculas de clorofila absorvem luz, os elétrons são temporariamente impulsionados a um nível de energia mais alto, chamado de estado excitado (Figura 2.9).

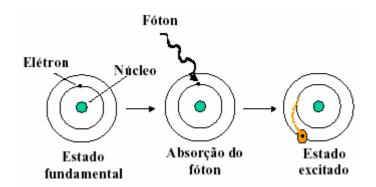


Figura 2.9 Esquema representado absorção de um fóton e excitação de um elétron em um pigmento fotossintético.

Fonte: KLUGE (2003)

Quando os elétrons retornam para o nível de energia mais baixo, ou nível basal, a energia liberada possui três possíveis destinos:

Segundo GOMES & VARRIALE (2001), a primeira possibilidade é que a energia pode ser dissipada em calor ou para alguma combinação de calor e luz de comprimento de onda mais longo, um fenômeno conhecido como fluorescência (Figura 2.10), onde uma molécula excitada eletronicamente decai ao estado fundamental, emitindo um fóton que ocorre, entretanto, somente quando a energia luminosa é absorvida por moléculas isoladas de clorofila em solução. Acontecendo em uma escala de 10⁻⁸s, este fenômeno é responsável por 3% a 6%, de dissipação da luz absorvida pelas plantas.

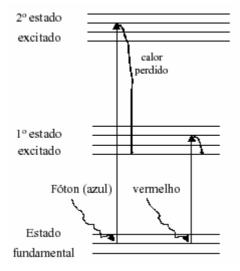


Figura 2.10 Esquema representando a fluorescência.

Fonte: KLUGE (2003)

Ainda GOMES & VARRIALE (2001) afirmam que a segunda possibilidade é que a energia, mas não o elétron, pode ser transferida de uma molécula excitada de clorofila a uma molécula de clorofila vizinha, excitando esta segunda molécula e permitindo à primeira retornar ao seu estado basal. Este processo é conhecido como transferência de energia por ressonância, ou transferência excitônica, onde a molécula excitada transfere, para moléculas vizinhas não excitadas, a sua energia de excitação, e pode ser repetido para uma terceira, uma quarta ou mais moléculas de clorofila.

Concluindo, GOMES & VARRIALE (2001) apontam que a terceira possibilidade é que o elétron de alta energia pode ser transferido para uma molécula vizinha (um receptor de elétron), que faz parte de uma cadeia de transporte de elétrons, deixando uma "deficiência de elétron" na molécula de clorofila excitada, denominando esse processo por fotooxidação, que consiste em uma molécula doadora que, quando excitada luminosamente, fica reduzida, isto por que o elétron está menos fortemente ligado ao doador no seu estado excitado do que se encontra no seu estado fundamental (Figura 2.11).

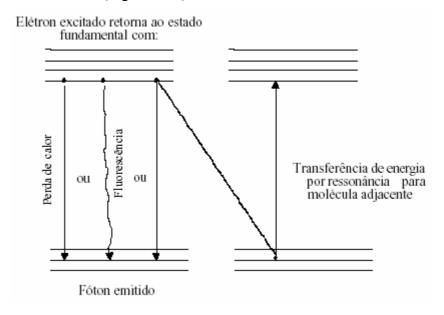


Figura 2.11 Esquema representando os três possíveis destinos da energia do elétron, até voltar ao seu estado fundamental.

Fonte: KLUGE (2003)

Em resumo, RAVEN (2001) coloca o processo de fotossíntese em cloroplastos intactos, as segunda e terceira possibilidades, denominadas de transferência de energia de uma clorofila excitada a uma clorofila vizinha e transferência de elétrons de alta energia a um receptor de elétrons vizinho, são eventos bastante úteis de liberação de energia. Em células eucarióticas a fotossíntese ocorre no cloroplasto, e a estrutura do cloroplasto possui um papel fundamental nesta transferência de energia. As moléculas de clorofila encontram-se inseridas no tilacóide dos cloroplastos.

RICKLEFS(1996) e RAVEN (2001) afirmam que existem muitos tipos de clorofila, que diferem entre si nos detalhes da sua estrutura molecular e nas suas propriedades específicas de absorção de luz, conforme figura 2.12. A clorofila a ocorre em todos os eucariontes fotossintetizantes e nas cianobactérias. Sendo, portanto, a clorofila a essencial para a produção de oxigênio pela fotossíntese realizada pelos organismos destes grupos. As plantas, algas verdes e euglenas também contêm o pigmento clorofila b, o qual tem um espectro de absorção ligeiramente diferente da clorofila a. A clorofila b é um pigmento acessório que não está diretamente envolvido na tradução da energia da fotossíntese, mas serve para ampliar a faixa de luz que pode ser usada na fotossíntese. Quando uma molécula de clorofila b absorve luz, a energia é transferida para a molécula de clorofila a, que então a transforma em energia química durante a fotossíntese. Nas folhas da maioria da plantas verdes, a clorofila a geralmente representa 3/4 do conteúdo total de clorofilas, e a clorofila b constitui o restante. Já a clorofila c substitui a clorofila b em alguns grupos de algas, principalmente algas pardas e diatomáceas. As bactérias fotossintetizantes (diferentes das cianobactérias) possuem ou bacterioclorofila, que é encontrada nas bactérias púrpuras, ou clorofila clorobium, que ocorre em bactérias sulfurosas verdes. Estas bactérias não podem retirar elétrons da água e portanto não liberam o oxigênio. As clorofilas b e c e os pigmentos fotossintetizantes das bactérias púrpuras e sulfurosas verdes são simples variações químicas da estrutura básica. Outras classes de pigmentos que estão envolvidos na captura da energia luminosa são os caratenóides e as ficobilinas. A energia absorvida por estes pigmentos acessórios precisa ser transferida para a clorofila a, assim como as clorofilas b e c, estes pigmentos acessórios não podem substituir a clorofila a na fotossíntese. Embora os

pigmentos caratenóides possam auxiliar na coleta da luz de diferentes comprimentos de onda, sua principal função é a de antioxidante, prevenindo danos fotooxidativos às moléculas de clorofila. Sem os carotenóides, não haveria a fotossíntese na presença de oxigênio.

Os carotenóides são pigmentos solúveis em lipídios, de cor vermelha, laranja ou amarela, encontrados em todos os cloroplastos e em cianobactérias. Assim como as clorofilas, os pigmentos caratenóides dos cloroplastos estão inseridos na membrana do tilacóide, sendo dois grupos, carotenos e xantofilas, presentes nos cloroplastos. A terceira classe de pigmentos acessórios é constituída pelas ficobilinas, encontradas nas cianobactérias e em cloroplastos de algas vermelhas. Diferentemente dos carotenóides, as ficobilinas são solúveis em água, estes pigmentos fotossintéticos presentes e a sua abundância variam de acordo com a espécie. A clorofila a (Chl a) está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica. As bactérias fotossintetizantes são desprovidas de clorofila a e possuem em seu lugar a bacterioclorofila como pigmento fotossintético. A Chl a é o pigmento utilizado para realizar a fotoquímica, enquanto que os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios. Os principais pigmentos acessórios são Chl b (plantas, algas verdes e algumas bactérias), Chl c (Phaeophyta e diatomáceas), Chl d (algas vermelhas), α-caroteno (maioria das plantas e algumas algas), β-caroteno (plantas e a maioria das algas), Luteína (plantas, algas verdes e vermelhas), violaxantina (plantas, algas verdes e marrons), fucoxantina (diatomáceas e algas marrons), neoxantina (Chlorophyceae), ficoeritrina (Rhodophyceae e algumas cianobactérias). ficocianina (cianobactérias algumas Rhodophyceae), aloficocianina (cianobactérias e Rhodophyceae), RAVEN (2001).

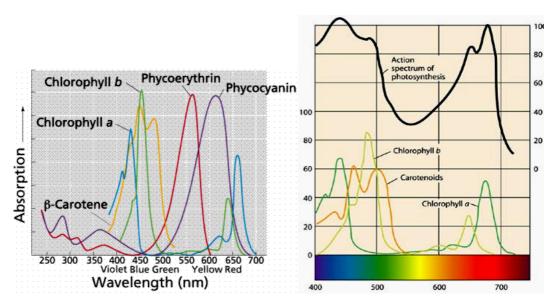


Figura 2.12. Representa os tipos de Pigmentos e seu papel de acordo com o comprimento de onda da luz.

Fonte: RAVEN (2001)

2.3.1. Fotossistemas

De acordo com GOMES & VARRIALE (2001), as clorofilas e os outros pigmentos estão inseridos nos tilacóides em unidades organizadas chamadas de fotossistemas. Cada um destes conjuntos de 250 a 400 moléculas e consiste em dois componentes intimamente relacionados: um complexo antena e um centro de reação. A antena é um complexo multiprotéico, que não apresenta atividade fotoquímica, cuja função é absorver luz e transferir a energia de excitação para os centros de reação(Figura 2.13).

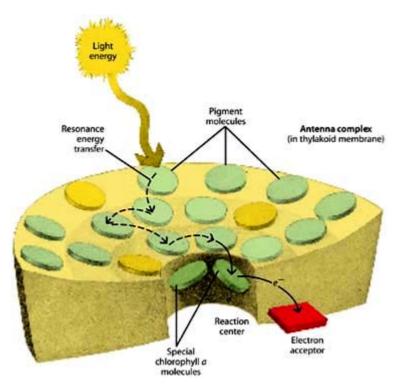


Figura 2.13 Figura de funcionamento da Antena.

Fonte: RAVEN (2001).

Nela estão associados a maior parte dos pigmentos e também é o local onde ocorre os processos dissipativos do excesso de excitação, seja por fluorescência ou por termalização. A transferência ocorre, por indução de ressonância, do pigmento que absorve em comprimentos de onda menores (carotenóides) para o pigmento que absorve em comprimentos de onda maiores (Chl a). Ao conjunto de fotossistemas e antenas periféricas define-se como unidade fotossintética. O complexo antena consiste em moléculas de pigmentos que agregam a energia luminosa e a "canalizam" para o centro de reação. O centro de reação é constituído de um complexo de proteínas e moléculas de clorofila que possibilitam a conversão de energia luminosa em energia química. Dentro dos fotossistemas, as moléculas de clorofila estão ligadas a uma membrana protéica de ligação específica e mantidas no local para permitir uma captura eficiente da energia luminosa. Outros pigmentos, chamados de pigmentos antena por fazerem parte da rede de coleta de luz, estão localizados no complexo antena. A energia luminosa absorvida pela molécula de um pigmento qualquer no complexo antena é passada de uma molécula para outra pela transferência de energia por ressonância até atingir o centro de reação, com seu par especial de moléculas de clorofila *a*. Quando qualquer uma das duas moléculas de clorofila *a* do centro de reação absorve energia, um de seus elétrons é empurrado a um nível de energia mais alto e é transferido para uma molécula receptora de elétrons para iniciar o fluxo de elétrons. A molécula de clorofila é então oxidada e carregada positivamente.

No fotossistema I, o par especial de molécula de clorofila do centro de reação é conhecido como P₇₀₀. O "P" significa pigmento e o "700" designa o pico de absorção ótimo em nanômetros. O centro de realizações do fotossistema II também contém uma forma especial da clorofila a. Seu pico de absorção ótimo ocorre em 680 nanômetros, e por isso é chamado de P₆₈₀, sendo asssim, o forossistema I e o fotossistema II atuam continua e simultaneamente, lembrando que o, fotossistema I pode operar de forma independente conclui RAVEN 2001.

2.3.2. Reações de fixação de Carbono

Em muitas espécies vegetais, a redução de carbono ocorre exclusivamente no estroma do cloroplasto por meio de uma série de reações freqüentemente chamada de ciclo de Calvin, ele é análogo a outros ciclos metabólicos pelo fato de que, ao final de cada volta no ciclo, o composto inicial é regenerado. O composto inicial (ou final) no ciclo de Calvin é um açúcar de cinco carbonos com dois grupos de fosfato conhecido como ribulose 1,5-bifosfato (RuBisCO). Ocorre em três estágios:

a) O primeiro inicia-se quando o dióxido de carbono entra no ciclo e é enzimaticamente combinado ou fixado (ligação covalente) a RuBP. O composto resultante de 6 carbonos possui ligações enzimáticas instáveis e é imediatamente hidrolisado para gerar duas moléculas de 3-fosfoglicerato, ou ácido 3-fosfoglicérico (PGA). Cada molécula de PGA – primeiro produto detectável do ciclo de Calvin – contém três átomos de carbono. Portanto, o ciclo de Calvin é também conhecido como via C₃. A RuBisCO, é a enzima que catalisa esta reação inicial crucial. A RuBisCO é sem dúvida a enzima mais abundante mundialmente; estima-se que sua concentração possa estar de 40% do total de proteínas solúveis presentes na maioria das folhas;

- b) No segundo estágio do ciclo, 3-fosfoglicerato (PGAL). Isto ocorre em dois passos que são essencialmente opostos aos passos correspondentes na glicose, com uma exceção: o co-fator para a redução de 1,3-bifosfoglicerato é o NADPH, e não o NADH, e haverá a fixação de três moléculas de CO₂ nas três moléculas de ribulose 1,5-bifosfato para formar seis moléculas de gliceraldeído 3-fosfato.
- c) No terceiro estágio do ciclo, cinco das seis moléculas de gliceraldeído 3-fosfato são usadas para regenerar três moléculas de ribulose 1,5bifosfato, que é composto inicial.

Desta forma toda via metabólica, no ciclo de Calvin é catalisado por uma enzima específica. A cada volta completa do ciclo, uma molécula de dióxido de carbono entra e é reduzida, e uma molécula de RuBisCO é regenerada. Três voltas do ciclo, com a introdução de três átomos de carbono, são necessárias para produzir uma molécula de gliceraldeído 3-fosfato, a forma fosforilada do C₃H₆O₃. A equação completa para a produção de uma molécula de gliceraldeído 3-fosfato é:

 $3\text{CO}_2 + 9\text{ATP} + 6\text{NADPH} + 6\text{H}^+ \Rightarrow \text{Gliceraldeído } 3\text{-fosfato} + 9\text{ADP} + 8\text{P}_i + 6\text{NADP}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$

podendo ser verificado em esquema simplificado(Figura 2.14)

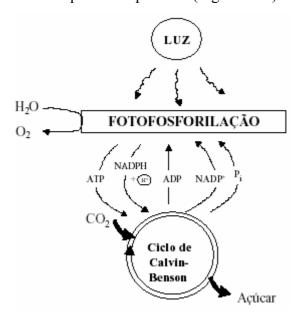


Figura 2.14 Esquema representando a fase clara e a fase escura da fotossíntese.

Fonte: KLUGE (2003)

De acordo com KLUGE (2003) existem três tipos de assimilação fotossintética de CO2 pelas plantas clorofiladas, segundo as quais estas são classificadas em plantas C3, C4 e CAM.

A denominação C3 vem do fato da maioria das plantas verdes formarem como primeiro produto estável da cadeia bioquímica da fotossíntese o ácido 3-fosfoglicérico (3-PGA), uma molécula com 3 carbonos. De forma bastante simplificada, a fotossíntese C3 envolve a adição de uma molécula de CO2 – reação de carboxilação – em uma molécula aceptora constituída de 5 carbonos e dois átomos de fósforo, a ribulose 1,5 bisfosfato (RUBP). A RuBisCO (ou seja, a ribulose 1,5 bisfosfato carboxilase-oxigenase) é a enzima responsável pela carboxilação no ciclo C3, também conhecido como ciclo de Calvin-Benson (Figura 2.15). A RUBP sofre uma série de mudanças envolvendo gasto de NADPH e ATP – reações de redução – originando no final do processo a triose fosfato. Ao mesmo, através de reações de regeneração, novas moléculas de RUBP são formadas, garantindo a continuidade da fixação do carbono.

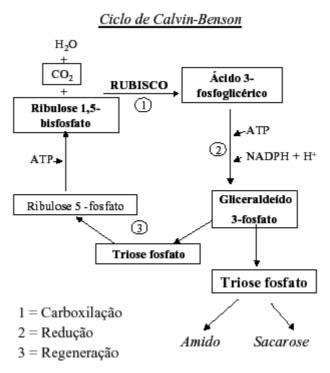


Figura 2.15 Esquema simplificado da Fotossíntese C₃

Fonte: KLUGE (2003)

Na carboxilação da fotossíntese C3, o CO2 é introduzido na molécula de RUBP (5 carbonos) através da RUDP carboxilase (Rubisco), originando uma hexose (6 carbonos) instável que é rapidamente hidrolisada, formando 2 moléculas com 3 carbonos cada, o 3-PGA (Figura 2.16).

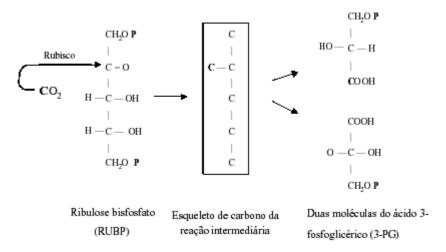


Figura 2.16 Esquema representando a Reação de carboxilação do ciclo C_3 .

Fonte: LEITE e RODRIGUES (2000)

As plantas C4 são assim chamadas por formarem como primeiro produto da fotossíntese o ácido oxalacético (4C), o qual é rapidamente reduzido à ácido málico e ácido aspártico, ambos com 4C, porém mais estáveis. Estruturalmente, outra diferença entre as plantas C3 e C4 é a presença nestas últimas de uma camada proeminente de células clorofiladas envolvendo os feixes condutores da folha ("anatomia Kranz" ou "síndrome de Kranz"). Nestas plantas, além da presença da Rubisco, confinada às células da bainha Kranz, é encontrada nas células do mesófilo foliar a fosfoenolpirúvico carboxilase (PEPcase), uma enzima com uma afinidade muito maior pelo CO2 do que a primeira. A compartimentação espacial das duas enzimas faz com que o CO2 fixado pela PEPcase se transloque, via malato e aspartato, até a bainha dos feixes vasculares, onde ocorre a descarboxilação com a entrada do carbono no ciclo de Calvin-Benson (Figura 2.17), (RAVEN, 2001).

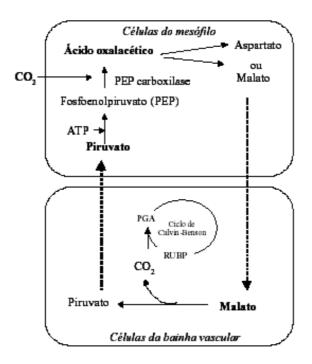


Figura 2.17 Representação de uma via simplificada do modelo C4 da fotossíntese. **Fonte** : LEITE e RODRIGUES (2000).

Plantas suculentas de deserto ou habitats sujeitos a secas periódicas apresentam fotossíntese diferenciada das plantas C3 e C4. Elas apresentam o metabolismo ácido crassuláceo, por isso são conhecidas como plantas CAM. São caracterizadas por fecharem os estômatos durante o dia, assimilando o CO2 durante a noite (PEPcase; malato/4C). A descarboxilação do malato(Figura 2.18).

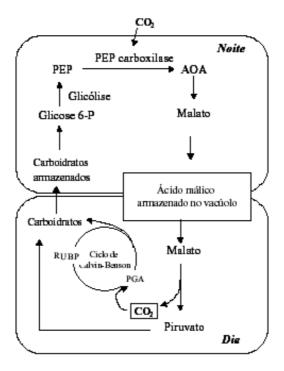


Figura 2.18 Esquema simplificado do modelo CAM da fotossíntese.

Fonte: LEITE e RODRIGUES (2000)

As plantas CAM economizam água pelo seu fechamento estomático diurno, uma prática que diminui consideravelmente sua capacidade de captar e fixar CO₂. Portanto, plantas CAM crescem vagarosamente e competem sem vantagens com espécies C₃ e C₄ sob condições normais(Tabela 2.1), que não seja outras, por exemplo a de aridez extrema.

Tabela 2.1. – Mostrando a comparação entre plantas C₃, C₄ e CAM.

	C ₃ (soja)	C ₄ (milho, cana)	CAM (abacaxi) Células com grande vacúolos	
Anatomia	Células esponjosas e paliçadicas	Mesófilo e células da bainha do feixe vascular		
Taxa de crescimento (g.dm ⁻² .dia ⁻¹)	1 4		0,02	
Estômatos	Abertos durante o dia e fechados à noite	dia e fechados à fechados à noite		
Eficiência do uso da água (g CO ₂ .kg ⁻¹ H ₂ O)	1-3	2-5	10-40	
Taxa fotossintética ótima (mg CO ₂ .dm ⁻² h ⁻¹)	30	60	3	
Temperatura ótima	20-30°C	30-45°C	30-45°C	
Ponto de compensação de CO2*	50 ppm	5 ppm	2 ppm (no escuro)	
Fotorrespiração	Alta	Baixa	Baixa	
Enzima-chave da carboxilação	Rubisco (apenas)	PEPcase, Rubisco	PEPcase, Rubisco	

Fonte :LARCHER (2000).

2.3.3. Relação entre Fotossíntese Líquida e Respiração

O balanço entre fotossíntese e respiração geralmente não deve ocorrer em plantas em crescimento, devendo haver mais fotossíntese que respiração (R). Do contrário, não seria possível o crescimento. Assim, o ganho de ATP gerado pela fotossíntese deve ser maior que a perda de ATP. O total de energia ou CO2 fixado á chamado de fotossíntese bruta (FB). Em folhas de alfafa (*Medicago sativa*) LARCHER (2000), afirma que a proporção entre FB e R é, em média, de 7:1 durante

o dia, podendo alcançar até 9:1 ao meio-dia. Durante todo o ciclo da planta a proporção média é de 2,5:1. A diferença entre FB e R é denominada de fotossíntese líquida (FL) então:

$$FL = FB - R$$
 (Eq. 2.3)

Onde:

FL = Fotossíntese líquida;

FB = Fotossíntese bruta;

R = Respiração.

Lembrando que a Fotossíntese é representada pela equação 2.4:

$$CO_2 + H_2O + ENERGIA \rightarrow (CH_2O) + O_2$$
 (Eq. 2.4)

Já a Respiração pela equação 2.5:

$$(CH_2O) + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + ENERGIA$$
 (Eq. 2.5)

Para medir estes processos, deve-se monitorar a absorção ou a liberação do gases envolvidos, o O2 ou o CO2, através da técnica de trocas gasosas. Evidenciando que a fotossíntese deve ser medida apenas na presença de luz e, devido ao fato de que a FB normalmente excede R, deve-se medir a absorção de CO2 ou a liberação de O2 (LARCHER, 2000).

A FB não é real sendo , portanto aparente, pois a taxa de respiração no escuro não é idêntica à verificada na luz, existindo o processo chamado de Fotorrespiração, que corresponde a perda de CO2 que ocorre na presença de luz. É uma perda de CO2 adicional à respiração mitocondrial.(Figura 2.19), que opera na presença de luz e promove uma considerável liberação (perda) de CO2 e consumo de O2. A fotorrespiração ocorre apenas em tecidos verdes, em condições de altos níveis de luminosidade e temperatura. Este processo pode reduzir em até 50 a 60% a FL. Se a FL cai a zero (em situações em que a taxa respiratória é alta ou a FB é muito baixa), temos que FB = R e este ponto é chamado de ponto de compensação de luz(Figura 2.20), que significa que a fotossíntese compensa a respiração.

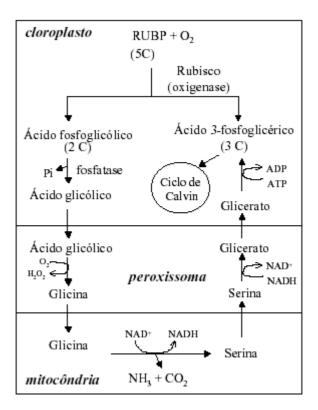


Figura 2.19 Esquema simplificado da fotorrespiração.

Fonte: LEITE e RODRIGUES (2000).

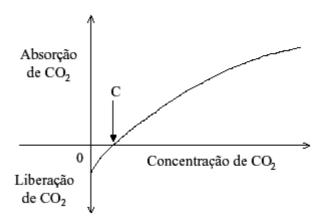


Figura 2.20 Ponto de compensação de luz(C).

Fonte: KLUGE (2003).

2.3.4. Fisiologia da Transpiração

RAVEN (2001) afirma que o fechamento dos estômatos controla a troca gasosa através da superfície da folha, além disso, RIZZINI (1992) complementa

afirmando que os movimentos estomáticos, serão determinados por condições ambientais básicas, que são; a temperatura , radiação solar, déficit hídrico e a concentração de CO₂. A abertura dos estômatos correspondem a 1% da área da folha, e mais de 90% da água é perdida através da transpiração e o restante através da cutícula. Porem o fator que definitivamente determinará a abertura e o fechamento destas estruturas da folha, será a diferença de turgescência celular, e o seu turno diário, que estará intimamente relacionado com o fotoperíodo, seguido da temperatura e pelo déficit hídrico (RIZZINI, 1992). KLUGE (2003) exemplifica na tabela 2.1 essas diferenças de acordo com o tipo de fixação de carbono das plantas.

De acordo com, FARQUHAR et al. (1980), FARQUHAR e SHARKEY (1982), COLLATZ et al. (1991, 1992), FOLEY et al. (1996) e CAMPBELL e NORMAN (1998), o fluxo líquido de CO2 é o principal determinante da condutância estomática, que por sua vez afeta a evapotranspiração e o fluxo de calor latente, importantes em estudos atmosféricos e hidrológicos concluindo, a transpiração da folha *Etu* (kg H2O m⁻² s⁻¹) é a maior responsável pela transferência de água do dossel para atmosfera. A transpiração, por m² de uma folha anfiestomática, é calculada pelo gradiente de umidade específica do ar dividido pela resistência ao fluxo de vapor d'água (FARQUHAR et al.,1980).

2.4. CICLO DO CARBONO

O dióxido de carbono (CO₂), é formado a partir da respiração animal e vegetal, e ou, na presença suficiente de oxigênio, pela combustão de matéria orgânica, os chamados combustíveis fosseis (RAVEN, 2001).

O Ciclo do carbono (Figura 2.23) consiste na transferência do carbono na natureza, através das várias reservas naturais existentes, sob a forma de dióxido de carbono. Para equilibrar o processo de respiração, o carbono é transformado em dióxido de carbono. Outras formas de produção de dióxido de carbono são através das queimadas e da decomposição de material orgânico no solo. Os processos envolvendo fotossíntese na maioria das plantas e árvores funcionam de forma contrária. Na presença da luz, elas retiram o dióxido de carbono, usam o carbono

CO + 02 ATMOSFÉRICO 740 FOTOSSINTESE 90 VEGE-FOTOSSÍNTESE 40 ALGAS OCEANOS 42 000 COMPOSIÇÃO 94 CAIO 65 CONSUMIDORES COMBUSTIVEIS FOSSEIS petróleo carvão, etc.) MATERIA ORGANICA 10.000 3 000 DECOMPOSITORES

para crescer e retornam o oxigênio para atmosfera. Durante a noite, na transpiração, este processo se inverte, e a planta libera CO₂ excedente do processo de fotossíntese.

Figura 2.23 Ciclo do Carbono.

Fonte: SANTOS (1999)

unidade: bilhões de toneladas

Os reservatórios de CO₂ na terra e nos oceanos são maiores que o total de CO₂ na atmosfera. Pequenas mudanças nestes reservatórios podem causar grandes efeitos na concentração atmosférica. O carbono emitido para a atmosfera não é destruído, mas sim redistribuído entre diversos reservatórios de carbono, ao contrário de outros gases causadores do efeito estufa, que normalmente são destruídos por ações químicas na atmosfera.

20 000 000

ROCHAS

O ciclo atmosférico do CO₂ é muito pequeno se comparado com o carbono dos oceanos e que, até o inicio da idade industrial, os fluxos da atmosfera, continentes e oceanos estavam em equilíbrio e que, alem do CO₂, mais duas formas de carbono são encontradas na atmosfera, em pequenas quantidades: o monóxido de carbono (CO), a um teor de cerca de 0,1 partícula por milhão (ppm) e o metano (CH₄), a cerca de 1,6 ppm (ODUM, 1988).

RICKLEFS (2001) cita três grandes classes de processos que causam a reciclagem do carbono nos sistemas aquáticos e terrestres: as reações assimilativas e desassimilativas de carbono na fotossíntese e respiração; a troca física de CO₂ entre a atmosfera e os oceanos lagos e águas correntes e, por fim, a dissolução e precipitação de compostos de carbonatos como sedimentos, particularmente o calcário e a dolomita. POPP (2002) classifica o calcário e a dolomita como sedimentos carbonáticos, formados por precipitação de carbonatos variados, principalmente carbonato de cálcio e magnésio. Quando ocorre a substituição do calcário calcítico pelo magnésio, formam-se os calcários metassomáticos.

Entre os compartimentos do ciclo do carbono, são os oceanos que estocam em maiores quantidades; uma pequena parte na forma de íons carbonato e bicarbonato. Porem, só na atmosfera, em forma de gás carbônico, o carbono se apresenta disponível para a assimilação vegetal, retornando para atmosfera pela combustão e ou respiração orgânica (SANTOS, 1990).

No ciclo do carbono ocorre uma perda líquida de CO₂ na agricultura, uma vez que o CO₂ fixado pela cultura não compensa o CO₂ liberado pelo solo, principalmente aquela de lavoura freqüente. Neste caso, acontece um acréscimo de CO₂ na atmosfera. Uma outra forma de liberação de CO₂ para a atmosfera consiste no desmatamento, onde o carbono armazenado na madeira, se esta for queimada imediatamente ou deixada para decomposição, desprende-se e a isso se segue a oxidação do húmus, quando do uso do solo. Desse modo, as florestas se apresentam como importantes dissipadores de carbono, uma vez que a biomassa vegetal, segundo estimativas, contem uma vez e meia, e o húmus florestal quatro vezes a quantidade de carbono da atmosfera (ODUM, 1988).

SANTOS (1999), diz que as florestas são as grandes fixadoras do carbono existente na atmosfera, e que somente as florestas tropicais contém 350 bilhões de toneladas de carbono, cerca da metade do carbono existente na atmosfera. No entanto, o CO₂ não apenas é produzido, mas também consumido, pois as plantas verdes necessitam continuamente do CO₂ para sintetizarem a glicose, em presença de luz solar e água, no processo fotossintético. Como subproduto da fotossíntese, acontece um desprendimento de oxigênio (O₂), proveniente da água, em quantidades equivalentes ao CO₂ utilizado. Assim, o CO₂ liberado anualmente através da

respiração de todos os seres vivos aproxima-se em quantidade ao ${\rm CO}_2$ fixado pelas plantas através da fotossíntese.

CAPÍTULO 3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1. Localização da Área

Este estudo foi desenvolvido na Amazônia Legal, dentro de uma área de 20 Km² pertencente à Fazenda Maracaí, localizada a aproximadamente 50 km NE de Sinop (Figura 3.1), Mato Grosso, Brasil (11°24.75′S; 55°19.50′W) (Figura 3.2), a 423 m acima do nível do mar, onde está situada a torre metálica micrometeorológica, de 42 metros de altura (Figura 3.3), pertencente ao projeto do LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia), responsável pelos monitoramentos micrometeorológicos constantes desta área.

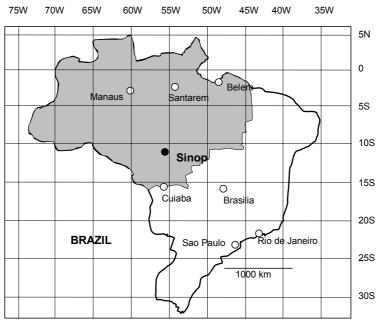


Figura 3.1. Localização da área em estudo.

Fonte: VOURLITIS et al.. (2001).

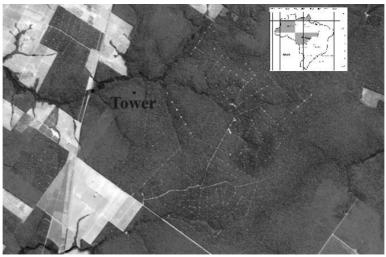


Figura 3.2 Imagem do satélite Landsat mostrando a localização da torre.

Fonte: VOURLITIS et al.. (2001).



Figura 3.3 Torre micrometereorológica instalada na área em estudo.

3.1.2. Vegetação e Solo

A área é constituída por uma floresta tropical de transição (cerradão), que ocupa o ecótone entre o bioma da Floresta Amazônica e o bioma cerrado. As árvores são características da floresta de transição, pois se apresentam com altura média de 28-30 m. As principais espécies identificadas no local são *Casearia sp, Qualea sp, Vochysia sp, Ocotea spixiana, Dinizia excelsa, Quina pteridophilla, Mezilaurus itauba* afirmam VOURLITIS et al. (2002). Ressaltando que as características climatológicas da floresta de transição são similares à precipitação de floresta e Cerrado, entretanto, a região de floresta de transição recebe aproximadamente 200mm menos de precipitação anual que a floresta tropical úmida e 500mm mais precipitação que o Cerrado, VOURLITIS et al. (2002).

O solo é do tipo neossolo quartzarênico órtico típico A moderado álico. É um solo extremamente arenoso apresentando 84% areia, 4% silte, 12% argila na camada superior do solo (50 cm). (PRIANTE FILHO et al., 2004).

3.1.3. Clima

O clima da região é tropical quente e úmido (Am), segundo classificação de Koppen. A temperatura média anual é de 24 °C com pequena variação nas estações, e uma precipitação media anual de 2000 mm, com 4 meses de estação seca (junhosetembro), 4 meses de estação úmida (dezembro-março) e 4 meses de transição (outubro-novembro e abril-maio) como mostra a tabela 3.1 (VOURLITIS et al.., 2002). As características climatológicas da floresta de transição são similares à precipitação de floresta e cerrado, entretanto, nesta região a floresta recebe aproximadamente 200 mm menos de precipitação anual que a floresta úmida e 500 mm mais precipitação que o cerrado (VOURLITIS et al., 2002).

Tabela 3.1 – Total mensal de precipitação para Sinop-MT.

Mês (m)	Preci	Média dos últimos			
	2000 ²	2001 ²	2002 ²	20031	30 anos ³
Janeiro	359	366	388	600	320
Fevereiro	388	165	334	271	347
Março	434	255	326	382	266
Abril	143	0	23	276	139
Maio	0	0	0	70	45
Junho	0	0	0	0	15
Julho	0	0	0	0	3
Agosto	0	5	0	0	10
Setembro	90	177	62	25	71
Outubro	82	189	172	273	189
Novembro	253	365	218	383	267
Dezembro	250	484	338	365	365
Precipitação					
anual	1999	2006	1861	2645	2037

Fonte: ¹Estação meteorológica Fazenda Continental, ²Projeto LBA – MT, ³VOURLITIS *et al.*, 2002.

3.2. COLETA DOS DADOS DE FOTOSSÍNTESE

Foram efetuadas medições de fotossíntese, no campo, sem nenhum controle ou interferência nas condições ambientais, e as coletas foram realizadas sob diferentes condições de sombreamento em cinco espécies. As medidas foram sempre realizadas no período da manhã, entre 07:00 e 10:00 horas,

A vegetação da área de estudo é composta por mais de 50% de árvores dos gêneros *Tovomita spp*, *Protium spp*, *Brosimum spp*, *Dialium spp*. Foram escolhidas a *Quiina pteridophylla* e *Dinizia excelsa* pela facilidade em se encontrar exemplares jovens, em crescimento. Foram determinadas 5 plantas de cada espécie, com alturas entre 0,5 e 1,5 m, das quais 3 estão localizadas em clareiras abertas por árvores caídas (sol) e 2 sob a copa das árvores (sombra). Outras 3 espécies, *Tovomita cf. schomburgkii* (Planch e Triana) de 12 m de altura, *Brosimum lactescens* (S. Moore) *30 m, e* uma identificada temporariamente por Laranjeira, de 12 m, são árvores adultas localizadas junto à torre. As medições foram realizadas em folhas a 26 e 18 m no *B. lactescens* e a 10 m na *T. schomburgkii* e Laranjeira. Portanto foram obtidos

dados de três extratos da floresta e de plantas em diferentes estágios e microclima, e em diferentes épocas do ano.

As medições de trocas gasosas foram realizadas em folhas totalmente expandidas, tomando-se o cuidado de escolher folhas sadias, sem nenhum sinal de predação, evitando-se ao máximo de se realizar movimentos bruscos com os galhos das plantas em estudo. Os dados brutos da taxa de fotossíntese individual foram obtidos usando o aparelho medidor de fotossíntese da LI-COR, modelo (LI-6400, LI-COR, Lincoln, Neb., USA) (Figura 3.4).O aparelho foi calibrado utilizando-se gás padrão de 300 e 400ppm para o CO₂.



Figura 3.4 LI-COR 6400.

Para as medidas curvas de respostas à luz utilizou-se o programa automático do aparelho, com intensidades luminosas de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) de 0, 50, 100, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500, e 2000 μmol m⁻² s⁻¹, obtidas na câmara com fonte luminosa do LI-6400 (6400-02B LED light source). Trabalhou-se com concentração de CO₂ de 400 μmol, temperatura da folha de 28 °C e umidade ambiente, que variou de 65 a 80%. Esses dados foram ajustados ao modelo matemático da hipérbole não retangular de fotossíntese:

$$F_c(Q) = \left(\frac{AQA_{\infty}}{AQ + A_{\infty}}\right) - R_d \quad \text{(Eq. 3.1)}$$

Onde: F_c = troca líquida da folha, A = capacidade estimada de utilizar baixas intensidades luminosas (rendimento quântico), Q = radiação fotossinteticamente ativa, PAR (µmol m⁻² s⁻¹), $A\infty$ = troca bruta de CO₂ com saturação de luz (Amax), e R_d é a taxa de respiração (Ruimy et al. 1995; Vourlitis and Oechel, 1999).

3.3. COLETA DOS DADOS DE TEMPERATURA ÓTIMA

Para obtenção dos dados de temperatura ótima, utilizou-se o aparelho medidor de fotossíntese da LI-COR, modelo (LI-6400, LI-COR, Lincoln, Neb., USA) (Figura 3.4), devidamente calibrado utilizando-se gás padrão de 300 e 400ppm para o CO₂, e uma condição de saturação de luz, com intensidade luminosa de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) de 1400 μmol m⁻² s⁻¹ obtida na câmara com fonte luminosa do LI-6400 (6400-02B LED light source), onde na mesma utilizou-se o programa automático do aparelho para as temperaturas da folha, na ordem de 28, 28,5; 29; 29,5; 30; 30,5; 31; 31,5; 32; 32,5; 33; 33,5; 34; 34,5; 35; 35,5; 36; 36,5; 37; 37,5 e 38°C e umidade do ambiente, que variou de 65 a 80%. O experimento foi realizado durante a estação chuvosa, apenas.

3.4. COLETA DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Os dados diários de precipitação do ano de 2003 foram fornecidos pela estação metereológica da Fazenda Continental localizada à aproximadamente 17 Km do local do experimento. Já os demais dados de precipitação foram obtidos da torre micrometeorológica (Figura 3.3), com um pluviógrafo, instalado no topo da mesma, sendo este do tipo gangorra (tiping-bucket rainfall gauge Sierra Misco, modelo 2501). Os dados foram armazenados a cada meia hora em um data logger (Campbell Scientific, modelo CR10X) e posteriormente coletados e transferidos em planilha eletrônica.

3.2.1. Processamento dos dados

Para o processamento dos dados medidos empregou-se a seguinte metodologia:

- a) Formatação de planilha eletrônica utilizando o programa Microsoft Excel 2002, com alocação de células para a inserção dos dados brutos coletados do aparelho medidor de fotossíntese da LI-COR, e células para o processamento dos cálculos e gráficos;
- b) Formatação de planilha eletrônica utilizando o programa Microsoft Excel 2002, com alocação de células para a inserção dos dados de precipitação.
 Com os valores de somatório de precipitação diária, e células para o processamento dos cálculos do somatório e gráficos;
- c) Para obtenção dos valores dos coeficientes de a = Eficiência Quântica (Φ), b = Ponto de Saturação (PS) e c = Ponto de Compensação à Luz (PCL) (Figura 3.5), os dados após, coletados do aparelho medidor de fotossíntese da LICOR, foram alocados nas células da planilha eletrônica do programa Microsoft Excel 2002, e então exportados e plotados no programa CurveExpert Versão 1.7 2001, o qual forneceu os valores dos coeficientes a, b e c, que foram plotados na planilha eletrônica para confecção dos gráficos.

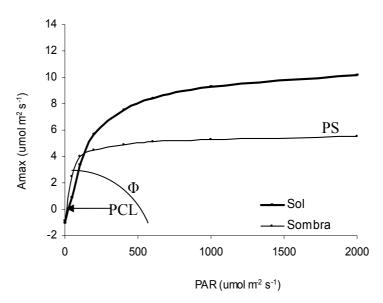


Figura 3.5 Os pontos dos valores dos coeficientes de a = Eficiência Quântica (Φ), b = Ponto de Saturação (PS) e c = Ponto de Compensação à Luz (PCL) **Fonte** : LARCHER (2000).

d) Para os dados de temperatura ótima em condições de saturação de luz, foi usado formatação em planilha eletrônica utilizando o programa Microsoft Excel 2002, com alocação de células para a inserção dos dados brutos coletados do aparelho medidor de fotossíntese da LI-COR. Esses dados foram exportados para o programa CurveExpert Versão 1.7 2001, o qual também gerou as curvas de tendências e seus respectivos coeficientes (R²).

CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 4.1.1 FOTOSSÍNTESE MÁXIMA EM FUNÇÃO DA PAR

Por meio das figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4, verifica-se a taxa de Fotossíntese máxima (*A*max) alcançados pelas espécies: *Dinizia excelsa*, Laranja, *Quiina pteridophylla*, e *Brosimum lactescens* respectivamente, em função da saturação de luz (PAR μmol.m⁻².s⁻¹). Em estações denominadas como úmida e seca para condição de precipitação (VOURLITIS et al., 2002).

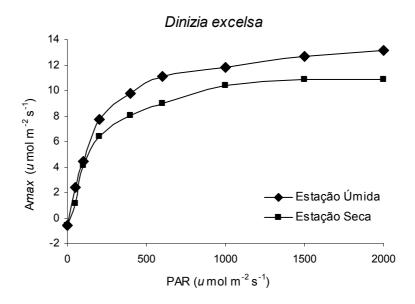


Figura 4.1 Fotossíntese máxima (µmol.m⁻².s⁻¹) em função da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em folha de planta *Dinizia excelsa*, nas estações úmida e seca.

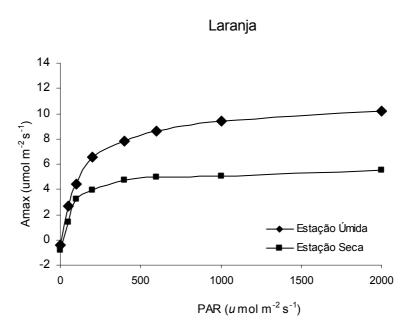


Figura 4.2 Fotossíntese máxima (µmol.m⁻².s⁻¹) em função da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em folha de planta Laranja, nas estações úmida e seca.

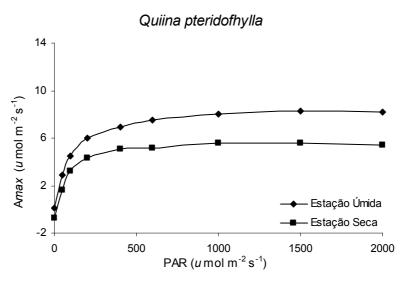


Figura 4.3 Fotossíntese máxima (μmol.m⁻².s⁻¹) em função da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em folha de planta *Quiina pteridophylla*, nas estações úmida e seca.

Brosimum lactescens 14 12 10 Amax $(u \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ 8 6 Estação Úmida 0 Estação Seca -2 500 1000 2000 1500 PAR $(u \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$

Figura 4.4 Fotossíntese máxima (µmol.m⁻².s⁻¹) em função da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em folha de planta *Brosimum lactescens*, nas estações úmida e seca.

CORLEY (1983) obteve valores médios de fotossíntese com luz saturante em torno de 10 µmol.m⁻².s⁻¹ em folhas de *Elaeis guineensis* com 10 anos de idade. Nas espécies *Erythea armata* e *Washingtonia filifera* a fotossíntese líquida foi 4,37 e 8,02 µmol.m⁻².s⁻¹, respectivamente, com uma radiação fotossinteticamente ativa em torno de 2000 µmol.m⁻².s⁻¹ (SCHMITT et al. 1993).

A espécie *Dinizia excelsa* apresentou os melhores valores para fotossíntese máxima, tanto na estação úmida, apresentando um Amax de 13,1 μ mol.m⁻².s⁻¹, quanto na estação seca, com um Amax de 10,09 μ mol.m⁻².s⁻¹, apresentando a menor diferença percentual entre os valores de Amax, sendo de 16,79 % entre as estações.

A espécie Laranja, apresentou um Amax de $10,2 \mu$ mol.m⁻².s⁻¹, para estação úmida, já para a estação seca, $5,52 \mu$ mol.m⁻².s⁻¹, o que resultou em uma diferença de 45,88% de uma estação para outra, apontando que é a espécie, dentre as estudadas, a que mais diminui o valor de Amax entre as estações, pois a *Quiina pteridophylla*, na

estação úmida, teve um Amax de 8,21 μ mol.m⁻².s⁻¹, já na estação seca o valor de Amax foi de 5,44 μ mol.m⁻².s⁻¹, com um diferença de 33,74%, entre os períodos.

A *Brosimum lactescens*, na estação úmida, teve um valor de *A*max de 6,87 μ mol.m⁻².s⁻¹e na estação seca 4,95 μ mol.m⁻².s⁻¹. tendo uma diferença de 27,95% entre os valores da estação chuvosa para seca.

Nota-se que em todas as espécies estudadas, diminuíram o valor de Amax na estação seca, sendo umas mais que as outras, pois sob condições de deficiência hídrica as plantas tendem a ter o fechamento estomático mais rapidamente. Esse fechamento estomático causa declínio na atividade fotossintética, e é característico de cada espécie, segundo LARCHER (2000). A taxa fotossintética ficou dentro daquela citada por LARCHER (2000), que aponta valores máximos, de 10 a 16 μ mol.m⁻².s⁻¹, e dentro da faixa de variação encontrada por DEY et al. (1995), em plantas cultivadas na Índia, verificaram valores entre 4,1 a 14,3 μ mol m⁻².s⁻¹. KRISHNA et al. (1991) observaram, em plantas de dois anos de idade, em campo, sem irrigação adicional, que a taxa fotossintética média decresceu de 10 para 2 μ mol. m⁻².s⁻¹, mas ficou fora da taxa citada por BAZZAZ (1991), que aponta para valores de Amax que variam de 2,8 até 27,7 μ mol. m⁻².s⁻¹.

4.2COEFICIENTES DO PONTO DE SATURAÇÃO DE ACORDO COM A SAZONALIDADE

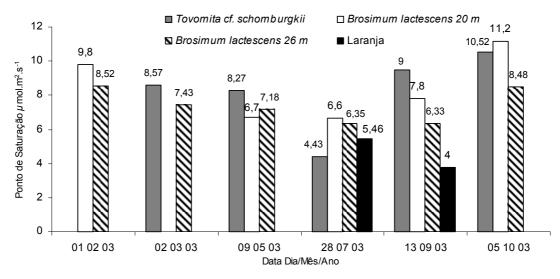


Figura 4.5 Coeficientes dos Pontos de Saturação (b) de acordo com a sazonalidade.

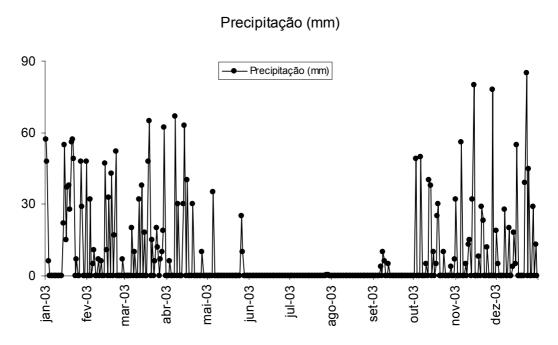


Figura 4.6 Precipitação diária para o ano de 2003.

Fonte: Estação metereológica da Fazenda Continental

Nota-se na figura 4.5 que nas espécies estudadas, não importando a altura das folhas, todas diminuíram o coeficiente *b*, Ponto de Saturação, acompanhando o regime de precipitação para aquele ano, apresentado na figura 4.6.

A espécie *Brosimum lactescens* (que teve os valores medidos em folhas à 20 m e 26 m) apresentou, na maioria das medidas em folha localizada a 20 m, um coeficiente de saturação maior que da folha aos 26 m, ficando abaixo somente no mês de maio, o que denota ser uma condição atípica em relação as outras medidas, pois onde a exposição prolongada a altas irradiâncias pode ser prejudicial às folhas que absorvem mais fótons de luz do que podem utilizar, levando à fotoinibição da fotossíntese ou mesmo à morte devido ao dano causado ao aparelho fotossintético pela quantidade excedente de fótons de luz (KITAO *et al.* 2000 & SONOIKE 1996), daí o maior coeficiente para as folhas do extrato de 20 m.

Mesmo ocorrendo precipitação no mês de setembro de 2003, a espécie Laranja não apresentou aumento no seu coeficiente como as demais; pelo contrário apontou um valor menor, em relação ao mês de julho, quando não houve precipitação. Segundo LARCHER (2000), em função do estresse hídrico, haverá influencia na abertura estomática, que vai diminuindo progressivamente, e dependendo da espécie, pode levar mais tempo para voltar a reagir a este estresse. De acordo com OLIVEIRA (2003), algumas plantas de regiões tropicais, em casa de vegetação, tiveram a recuperação na fotossíntese três dias após a reposição de água no solo; já REPELLIN et al.(1994), afirma que algumas plantas de regiões tropicais, também em casa de vegetação, só apresentaram recuperação na fotossíntese 14 dias após a reposição de água no solo. Observa-se que todas as espécies aumentaram o coeficiente do ponto de saturação a medida que a precipitação aumentou.

A espécie *Tovomita cf. schomburgkii* apresentou, em relação as demais estudadas, maior coeficiente de fotossíntese máxima em período de seca, tendo melhor recuperação do coeficiente de fotossíntese máxima após precipitações iniciais do período chuvoso, no mês de setembro. Em condições naturais, mesmo plantas que possuem como habitat locais úmidos, e são submetidas a déficit de água em anos mais secos, acontece a recuperação da fotossíntese após o estresse (LIU & DICKMANN. 1993).

4.3TEMPERATURA ÓTIMA

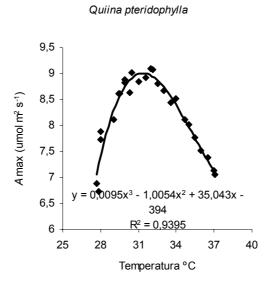


Figura 4.7 Fotossíntese máxima em função do aumento da temperatura para a espécie *Quiina pteridophylla*.

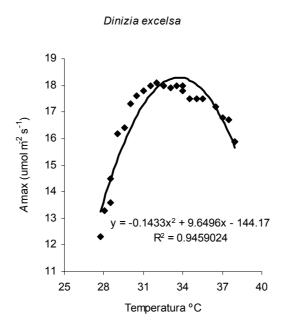


Figura 4.8 Fotossíntese máxima em função do aumento da temperatura para a espécie *Dinizia excelsa*.

A figura 4.7 mostra que a espécie *Quiina pteridophylla*, nesse experimento, foi aumentando o *A*max a medida que a temperatura aumentava. Quando a 28°C o registro foi de 6,74 e 6,89 μ mol m⁻².s⁻¹, até alcançar a temperatura de 32°C em que o registro foi de 9,9 μ mol m⁻².s⁻¹, onde, à partir de então, começou a diminuir o *A*max a medida em que se aumentava a temperatura e, a 37°C o valor de *A*max foi de 7,06.

Na figura 4.8 observa-se que espécie *Dinizia excelsa* apresentou o mesmo comportamento da *Quiina pteridophylla* em relação ao aumento da temperatura, porem com diferentes valores de *A*max, pois aos 28°C o valor foi 13,3 μmol m⁻².s⁻¹, a temperatura ótima para *A*max; no entanto, foi também aos 32°C, tendo como valor de 18,1 μmol m⁻².s⁻¹ e, também após os 32°C, teve queda nos valores. Aos 38°C o valor foi de 15,9 μmol m⁻².s⁻¹, menor que o registrado aos 32°C. O valor ótimo de temperatura encontrado está dentro dos citados por LARCHER (2000), onde em plantas de regiões tropicais os maiores ganhos fotossintéticos foram registrados nas temperaturas entre 25-35°C. HOLMES & COWLING (1993) encontraram valores semelhantes de temperatura, sendo de 31°C. CLAUSSEN(1996) afirma que a temperatura ideal para plantas de floresta tropical é de 30°C.

CAPÍTULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A partir da análises dos resultados obtidos, fez-se as seguintes considerações:

- Houve diferenças nos valores de Fotossíntese Máxima, para as espécies estudadas;
- A Fotossíntese Máxima de uma mesma espécie difere em relação a estação do ano;
- Algumas das plantas estudadas perdem mais rendimento fotossintético, que outras, quando passam pela estação seca;
- Os Coeficientes dos Pontos de Saturação diferem em uma mesma planta, dependendo da altura da folha na copa;
- A variação dos Coeficientes dos Pontos de Saturação acompanham o regime de precipitação do ecossistema, apontando a falta de água como um fator limitante para as espécies estudadas neste ecossistema, salientando que uma dessas leva mais tempo para recuperar seu coeficiente máximo;
- A temperatura ótima obtida em medidas feitas em duas espécies foi de 32°C. Em ambas, temperaturas superiores a esta não são recomendadas, pois mostraram-se desfavoráveis ao rendimento fotossintético.

Recomenda-se para trabalhos futuros neste ecossistema:

 Antes de se fazer medidas de Fotossíntese máxima em função da Radiação Fotossintéticamente Ativa, fazer o estudo de Fotossíntese máxima em função do aumento da temperatura para cada espécie a ser estudada, pois a temperatura é um fator limitante na obtenção do valor máximo de fotossíntese e poderá interferir no resultado final;

- É importante que as medidas sejam realizadas em um menor intervalo de tempo, a cada quinze dias;
- Um experimento de simulação de chuvas poderá apontar quanto tempo uma determinada espécie levará para recuperar sua fotossíntese máxima.

BIBLIOGRAFIA

BAZZAZ, F. A.. Regeneration of tropical forests: Physiological responses of Pioneer and Secondary species. <u>In</u>: GOMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T. C. & HADLEY, M. (eds.). Rain forest regeneration and management. London: UNESCO. p. 91-117. 1991.

CAMPBELL, G.S.; NORMAN, J.M. An introduction to environmental biophysics. New York: Springer-Verlag, 2nd ed., 1998. 286 p.

CECCON, E.; MIRAMONTES, O. Mecanismos y actores sociales de la deforestación en la Amazonia brasileña. Interciência. México, v.24, n.2, p.112-119, mar -abr.1999.

CHAZDON, R.L. & FETCHER, N. 1984. Photosynthetic light environment in a lowland tropical rain forest in Costa Rica. Journal of Ecology 72:553-564.

CLAUSSEN, J.W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. Forest Ecology and Management.80:245-255. 1996.

COLLATZ, G. J.; BALL, J. T.; GRIVET, C.; BERRY, E J. A. Physiological and environmental regulation of stomatal conductance, photosynthesis and transpiration: a model that includes a laminar boundary layer. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.54. p. 107-136. 1991.

COLLATZ, G. J.; CARBO, M. R.; BERRY, J. A. Coupled photosynthesis-stomatal conductance model for leaves of C4 plants, *Aust. J. Plant Physiol.*, v. 19. p.519-538. 1992.

CORLEY, R.H.V. **Photosynthesis and age of oil palm leaves**. Photosynthetica 17:97-100. 1983.

DEY, S.K.; SOBHANA, P.; SETHURAJ, M.R.; VIJAYAKUMAR, K.R. **Photosynthetic rate and its relation with leaf characteristics in seedlings of** *Hevea brasiliensis. Indian Jornal of Natural Rubber Research*, Kottayam, v.8, n.1, 1995. p.66-69.

FAN, S.; GLOOR, M.; MAHLMAN, J.; PACALA, S.; SARMIENTO, J.; TAKAHASHI, T.; TANS, P. A large terrestrial carbon sink in north America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models. Science, v.82, p.442-446, 1998.

FAN, S.; GLOOR, M.; MAHLMAN, J.; PACALA, S.; SARMIENTO, J.; TAKAHASHI, T.; TANS, P. A large terrestrial carbon sink in north America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models. Science, v.82, p.442-446, 1998.

FARQUHAR, G. D.; CAEMMERER, S, V., BERRY, J. A. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C₃ species. *Planta*, v.149. p.78-90. 1980.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis, *Ann. Rev. Plant Physiol.*, v. 33, p. 317-345. 1982.

FERNANDES, Tarcísio José Gualberto,. Contribution of emission reduction certificates (ERCs) for rubber crop economical viability. M. S., Universidade Federal de Viçosa, September 2003.

FOLEY, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; LEVIS, S.; POLLARD, D.; SITCH, S.; HAXELTINE, A. An integrated biosphere model of land surface processes, terrestrial carbon balance and vegetation dynamics. *Global Biogeochemical Cycles*, v.10. p. 603-628. 1996.

FOLEY, J.A.; BOTTA, A.; COE, M.T.; COSTA M.H. El Nino-Southern Oscillation and the climate, ecosystems and rivers of Amazônia. Global Biogeochemical Cycles, v.16, n.4, 2002.

GASH, J.H.C.; NOBRE, C.A. Climatic effects of Amazonian deforestation: Some results from ABRACOS. Bulletin og the American Meteorological Society, v. 78, n. 5, p. 823-830, 1997.

GOMES, Affonso G. & VARRIALE, Maria C. **Modelagem de Ecossistemas: Uma Introdução**. Santa Maria, RS. Ed. UFSM. 2001, 504 p.

HOLMES, P.M. & COWLING, R.M. Effects of shade on seedlings growth, morphology and leaf photosynthesis in six subtropical thicket species from eastern Cape, South Africa. Forest Ecology Management. 61:199-220. 1993.

KHALIL, M. A. K. e RASMUSSEM, R. A. The changing composition of the Earth's atmosphere. Em B. S. HANWANT (ed.), Composition Chemistry, and Climate of the Atmosphere. Van Nostrand Reinhold. p 50-87. 1995.

KITAO, M., LEI, T.T., KOIKE, T., TOBITA, H. & MARUYAMA, Y. Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes. Plant, Cell and Environment. 23v:81-89. 2000.

KLUGE, Ricardo Alfredo. **Fotossíntese**. São Paulo, SP. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" 2003, 34p.

KRISHNA, T.M.; BHASKAR, C.V.S.; RAO, P.S.; CHANDRASEKAR, T.R.; SETHURAJ, M.R.; VIJAYAKUMAR, K.R. Effect of irrigation on physiological perforance of immature plants of *Hevea brasiliensis* in North Konkan. *Indian Journal of Natural Rubber Research*, Kottayam, v.4, n.1. p.36-45. 1991.

LARCHER, W. Ecofisiologia Vegetal. São Carlos, SP. Rima Editora. 2000, 531p.

LEUNING, R. A critical appraisal of a combined stomatal-photosynthesis model for C₃ plants. *Plant, Cell and Environment.* v.18, 1995. p.339-355.

LIU, C.H. & DICKMANN, D.I. Responses of two hybrid clones to flooding, drought, and nitrogen availability. II. Gas exchange and water relations. Canadian Journal of Botany, 1993. 71:927-938.

LUGO, A.E.; BROWN, S. Tropical forest as sink of atmospheric carbon. Forest Ecology and Management, v.54, p239-255, 1992.

LUGO, A.E.; BROWN, S. **Tropical forest as sink of atmospheric carbon**. Forest Ecology and Management, v.54, p239-255, 1992.

MALHI, Y.; MEIR, P.; BROWN, S. Forests, carbon and global climate. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A-Mathematical Physical and Engineering Sciences, V.360, n.1797, p. 1567-1591, 2002.

MALHI, Y.; MEIR, P.; BROWN, S. Forests, carbon and global climate. hilosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A-Mathematical Physical and Engineering Sciences, V.360, n.1797, p. 1567-1591, 2002.

NOBRE, C. A. Amazônia e o carbono atmosférico. Scientific American Brasil. Ano 1, n.6, p.37-39, 2002.

PEREIRA, Antônio Roberto. ANGELOCCI, Luiz Roberto. SENTELHAS, Paulo Cesar. **Agrometeorologia, fundamentos e aplicações práticas**. 1ª ed. Guaíba : Livraria e Editora Agropecuária. 2002. 478 p, 1v.

PHILLIPS, O.L.; GENTRY, A.H. Increasing turnover through time in tropical forests. Science, v. 263, p. 954-958, 1994.

PHILLIPS, O.L.; HALL, P.; A.H. GENTRY; SAWYER, S.A.; VASQUEZ, R. **Dynamics and species richness of tropical rain forests.** Proceedings of the Nacional Academy of Sciences of the United States of America. v.91,p.2805-2809, 1994.

PHILLIPS, O.L.; MALHI, Y.; HIGUCHI, N.; LAURENCE, W.F.; NÚÑEZ, P.V.; VÁSQUEZ, R.M.; LAURENCE, S.G.; FERREIRA, L.V.; STERN, M.; BROWN, S.; GRACE, J. Change in the carbon balance of tropical forest: Evidence from long-term plots. **Science**, v.282, p.439-442, 1998.

PHILLIPS, O.L.; MALHI, Y.; VINCETI, B.; BAKER, T.; LEWIS, S.L.; HIGUCHI, N.; LAURANCE, W.F.; VARGAS, P.N.; MARTINEZ, R.V.; LAURANCE, S.; FERREIRA, L.V.; STERN, M.; BROWN, S.; GRACE. J. Changes in growth of tropical forests: Evaluating potential biases. Ecological Applications. v. 12, n. 2, p. 576-587, 2002.

POPP, José Henrique. **Geologia Geral**. 5^a ed.. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. 2002. 376p, v1.

RAVEN, Peter H. et al.., **Biologia vegetal**. 6^a ed.. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan S.A. 2001. 906p, 1v.

REPELLIN, A.; DANIEL, L.; ZUILY-FODIL, Y. Merits of physiological test for characterizing the performance of different coconut varieties subjected to drought. Oléagineux.v.49, p.155-169. 1994.

RICKLEFS, R. E. **A economia da Natureza**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 1996. 470p, 1v.

RIZZINI, Carlos Toledo. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ. Ed. Âmbito cultural edições LTDA. 1992, 747p.

SANTOS, Ednaldo Oliveira dos. **Contribuição ao estudo do fluxo de dióxido de carbono dentro da floresta Amazônica**. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Mecânica) — Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1999.

SANTOS, L.B., INNOCÊNCIO, N.R. & GUIMARÃES, M.R.S.. Vegetação. In Geografia do Brasil. Rio de Janeiro RJ. SERGRAF-IBGE, v. 4., p.59-84. 1997.

SCHIMEL, D.S. **Terrestrial ecossystems and carbon cycle**. Global Change Biology, v.1, p.77-91, 1995.

SCHMITT, A.K., MARTIN, C.E., LOESCHEN, S.L. & SCHMITT, A.. Midsummer gas exchange and water relations of seven C₃ species in a desert wash in baja California, Mexico. Journal Arid Environments 24:155-164. 1993.

SCHROEDER, P. Storage potencial of C in short rotation of tropical tree plantations. Forest Ecology and Management, v.50, n.1-2, p.31-41, 1992.

SCHROEDER, P. Storage potencial of C in short rotation of tropical tree plantations. Forest Ecology and Management, v.50, n.1-2, p.31-41, 1992.

SEMAZZI, F.H.M.; SONG, Y. A **GCM study of climate change induced by deforestation in Africa**. Climate Research. v.17, n.2, p.169-182, 2001.

SEPLAN/MT. Dados secundários do DSEE/MT: Zoneamento -Divulga. CD-Rom. Versão 1.01. 1999.

SHUTTLEWORTH, W.J. Insight from large-scale observations studies of land atmosphere interactions. **Surveys in Geophysics**, v.12, n. 1-3, p. 3-30, 1991.

SONOIKE, K. Photoinhibition of photosystem I: Its physiological significance in the chilling sensitivity of plants. Plant Cell Physiology. 1996, 37:239-247.

Thompson, W.A., Huang, L.-K. and Kriedemann, P.E. 1992. **Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade-tolerant rainforest trees. II. Leaf gas exchange and component processes of photosynthesis**. *Australian Journal of Plant Physiology* 19: 19-42.

TRANS, P. P. et al.., Observational containts on the global atmospheric CO2 budget. Science 247.1990.

VOURLITES, G.L. .; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M. M.; NOGUEIRA, J. S. de; CASEIRO, F.; CAMPELO JR., J. H. Seasonal Variations in the ecosystem CO2 exchange of mature Amazonian transitional tropical forest(cerradão). British: Ecological Society 15, 388-395. 2001.

VOURLITIS, G.V.; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M. M.; NOGUEIRA, J. S. de; CASEIRO, F.; CAMPELO JR., J. H. Seasonal variations in evapotranspiration of a transitional tropical Forest of Mato Grosso, Brazil. Water Resources Research.v.38, n.6, p.30-1-30-11, 2002.