UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA ENTRE AS ESPÉCIES FLORESTAIS *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze NO SEQÜESTRO DE CO_2 EM REFLORESTAMENTO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BELONI CELSO

BLUMENAU
2006

BELONI CELSO

ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA ENTRE AS ESPÉCIES FLORESTAIS *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze NO SEQÜESTRO DE CO_2 EM REFLORESTAMENTO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre ao Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade Regional de Blumenau - FURB.

Orientador: Dr. Nelson Y. Nakajima

BLUMENAU
2006

BELONI CELSO

ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA ENTRE AS ESPÉCIES FLORESTAIS *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze NO SEQÜESTRO DE CO_2 EM REFLORESTAMENTO NA REGIÃO SUL DO BRASIL.

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental na Universidade Regional de Blumenau - FURB, pela comissão formada pelos professores:

_____

Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima
Orientador

_____

Prof. Dr. Marcos Rivail da Silva
Coordenador do PPGEA

Banca Examinadora:

_____

Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima – orientador, FURB
Presidente

_____

Prof. Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa - UFPR
Examinador

_____

Prof. Dr. Jorge Alberto Muller - FURB
Examinador

Blumenau, 3 de maio de 2006.

Dedico esse trabalho ao meu esposo João Luiz e ao meu filho Luiz Fernando.

AGRADECIMENTOS

Embora repleta de momentos solitários, a busca do conhecimento exige o carinho, a orientação, a compreensão e a colaboração daqueles que nos cercam.
Agradeço àqueles que me auxiliaram a deixar minha contribuição para a aventura do conhecimento humano.
Agradeço ao Prof. Dr. Nelson, meu orientador, pela disposição, pela ajuda nos momentos mais difíceis e, principalmente, pelos pensamentos, precisos e esclarecedores.
Aos professores da Engenharia Ambiental que me ajudaram a entender um pouco mais sobre a complexidade que é o meio ambiente.
Ao amigo Amador Tomasseli, pelas informações nos momentos mais duvidosos e pelo apoio amigo.
As minhas amigas Edite e Luciane, pela amizade e descontração.
A minha mãe, pai, irmãs, sobrinhas pelo apoio e carinho incondicionais.
A família Celso que me apoiaram e olharam por meu filho na minha ausência.
E finalmente, João Luiz e Luis Fernando, a quem dedico esta dissertação, pelo amor, apoio, carinho, incentivo, companheirismo e, sobretudo, pela paciência durante os momentos que me ausentei mentalmente para estudar. Sem vocês, nada seria possível.

“[...] diz que mesmo antes de um rio cair no oceano, ele treme de medo. Olha para trás, para toda a jornada, os cumes, as montanhas, o longo caminho sinuoso através das florestas, através dos povoados e vê a sua frente um oceano vasto que entrar nele nada mais é que desaparecer para sempre. Mas não há outra maneira. O rio não pode voltar. Ninguém pode voltar. Voltar é impossível para existência. Você pode apenas ir em frente. O rio precisa se arriscar e entrar no oceano. E somente quando ele entra no oceano é que o medo desaparece. Porque, apenas então, o rio, saberá que não se trata de desaparecer no oceano. Mas tornar - se oceano. Por um lado é desaparecimento e por outro lado é renascimento”.

(Osho)

RESUMO

A emissão de gases poluentes e seus efeitos ambientais negativos têm recebido crescente importância nos últimos anos, devido às chamadas mudanças climáticas globais, causadas pelo efeito estufa. Para encontrar soluções, destacamos o Protocolo de Kyoto, onde este motiva a captura dos GEE via reflorestamento, sobretudo com espécies de rápido crescimento. As florestas, além de prover inúmeros benefícios diretos e indiretos ao homem, podem também contribuir decisivamente para reduzir os impactos ambientais do chamado efeito estufa através da fixação de carbono em sua biomassa. Os reflorestamentos possuem grande capacidade de armazenar carbono e, por conseguinte, filtrar a atmosfera, devido à sua capacidade de produção de biomassa em curto lapso temporal. O objetivo deste estudo é comparar estatisticamente, através da ANOVA, o fuste de povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* em diferentes idades quanto à densidade da madeira, volume, biomassa e aos teores de carbono. Os povoamentos de *Araucaria angustifolia* localizam-se em Caçador/SC e pertencem à empresa MADEPINUS. Os povoamentos de *Pinus taeda* se localizam em Rio Negrinho/SC e pertencem à empresa Terra Nova Brasil Ltda. Foram comparadas as idades: 19 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus); 20 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus); 23 anos (Araucária) x 25 anos (Pinus) e 28 anos (Araucária) x 26 anos (Pinus). A comparação do volume demonstrou que o Pinus é superior em produtividade (t/m³) aos 18 anos com (51,61%); 19 anos (42,65%); 20 anos (27,72%) e que a Araucária é superior com (7,96%) aos 23 anos, com 25 anos (8,12%); com 26 anos (19,90%) e com 28 anos (34,54%). A comparação da densidade da madeira demonstrou que o fuste do Pinus com 28 anos é superior em 5,92%. As demais idades não apresentaram diferença significativa. Na comparação da biomassa (Mg/ha) do fuste Pinus foi superior aos 18, 19, 20, 23, 25, 26, 28 anos com 126,17%, 109,82%, 81,13%, 81,58%, 46,59%, 44,78%, 24,98% respectivamente. A comparação dos teores de carbono (%) do fuste demonstrou que a Araucária é superior em todas as idades com: 19 anos, 4,64%; 20 anos, 6,79%; 23 anos, 10,18% e 28 anos, 10,73%.

Palavras-chave: seqüestro de carbono, efeito estufa, *Araucaria angustifolia, Pinus taeda.*

ABSTRACT

The emission of polluted gases and its negative environmental effects has gained increasing importance in the last years, due the called global climate changes, caused by the heat retention in the atmosphere. And finding solution, emphasizing the Kyoto Protocol, where it motivates the capture of GEE through reforestation, over all, with species of fast growth. The forests, besides providing direct and indirect countless benefits to the human being, it can also contribute decisively to reduce the environmental impact of the called heat retention in the atmosphere through the fixation of carbon in the biomass. The reforestations possess great capacity to store carbon and, and then, to filter the atmosphere, due the capacity of production of the biomass in a short temporary lapse. The aim of this study is to compare the statistics, through the ANOVA, the stem of the stands of the *Araucaria angustifolia* and *Pinus taeda* in different ages with relationship to the density of the wood, volume, biomass and the contents of carbon. The settlements of *Araucaria angustifolia* are located in Caçador/SC and belong to the MADEPINUS company, and of *Pinus taeda* are located in Rio Negrinho/SC and belong to Terra Nova Brasil Ltd. Company. The ages that were composed: 19 years old (Araucaria) x 18 years old (Pines) and 28 years old (Araucaria). The volume comparison showed Pines is superior in productivity (t/m³) to the 18 years old with (53,77%); to the 19 years old with (53,77%); 20 years old (49,41%); and the Araucaria is superior with (7,96%), to the 25 years old (8,09%); to the 26 years old (19,99%) and with 28 years old (19,99%). The comparison of the density showed the stem of the Pines with 28 years old is superior into 5,92%. The others ages did not show significant difference. The comparison of biomass (Mg/ha) of the stem showed the Pines is superior to the 18, 19, 20, 23, 25 years old with 126,17%, 126,19%, 109,82%, 157,15%, 56.76%, 43,67% respectively. The comparison of the carbon contents (%) of the stem showed that Araucaria is superior in all ages with: 19 years old 4,64%; 20 years old 6,79%; 23 years old 10,18% and 28 yeas old 10,73%.

Key-words: carbon capture, heat retention in the atmosphere, *Araucaria angustifolia, Pinus taeda.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de distribuição natural da *Araucaria angustifolia* 8

Figura 2 – Região de ocorrência natural do *Pinus taeda*.....11

Figura 3 – Ciclo global do Carbono.....22

Figura 4 – Processo da fotossíntese das árvores.....50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produtividade do gênero *Pinus*, para diferentes idades.....12

Tabela 2 – Contribuição dos gases de efeito estufa na atmosfera.....13

Tabela 3 – Exemplos dos gases de estufa que são afetadas por atividades humanas.....15

Tabela 4 – Fontes de emissões de CO_2 no Brasil.....15

Tabela 5 – Setores responsáveis pelas emissões de CO_2.....16

Tabela 6 – Emissões totais de CO_2 pelo solo devido às mudanças no uso da terra e manejo agrícola.....16

Tabela 7 – Emissões de CO_2 derivados do consumo de combustíveis fósseis nos setores de consumo de energia.....17

Tabela 8 – Principais países emissores de CO_2 em 1990.....17

Tabela 9 – Competitividade florestal, incremento e seqüestro de CO2.....56

Tabela 10 – Reflorestamento no Brasil.....56

Tabela 11 – Valores de densidade biomassa e carbono armazenado em *Vicennia shaureriana, Aguncularia racemosea e Rhizophora mangle*.....59

Tabela 12 – Dados médios de biomassa de carbono orgânico (kg/árvore) estocado em diferentes partes de vegetais da classe seringueira RRIM 600.....60

Tabela 13 – Estoques de biomassa e carbono orgânico em *Pinus taeda* com 5 anos de idade.....60

Tabela 14 – Estimativa de carbono fixado pelas florestas do gênero *Pinus* de uso industrial no

Brasil.....61

Tabela 15 – Biomassa e quantidade de carbono orgânico em mg/ha para as diferentes idades de *Pinus taeda*.....62

Tabela 16 – Quantidade de carbono orgânico em mg/ha para as diferentes idades de A*cacia mearmsii*.....63

Tabela 17 – Estimativa de carbono fixado pelas florestas do gênero Pinus.....63

Tabela 18 – Precipitações em 2002 e 2003.....71

Tabela 19 – Relação dos parâmetros dendométricos dos povoamentos A*raucaria angustifolia de Caçador / SC*.....74

Tabela 20 – Relação dos parâmetros dendométricos dos povoamentos *Pinus taeda* de Rio Negrinho / SC.....75

Tabela 21– Comparação do volume do fuste em povoamentos de A*raucaria angustifolia e Pinus taeda* no Sul do Brasil.....87

Tabela 22 – Comparação da densidade da biomassa do fuste em povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.....89

Tabela 23 – Comparação da densidade da madeira do TI entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA.....90

Tabela 24 – Comparação da densidade da madeira do TM entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA.....90

Tabela 25 – Comparação da densidade da madeira do TS entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA.....91

Tabela 26 – Comparação da densidade da madeira do fuste por faixa etária em povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do Brasil.....92

Tabela 27 – Comparação da densidade da madeira do fuste inteiro entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA.....92

Tabela 28 – Comparação da biomassa (Mg/ha) do fuste em povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no Sul do Brasil.....96

Tabela 29 – Comparação dos teores médios de carbono no fuste de acordo com a idade em árvores de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no Sul do Brasil.....99

Tabela 30 – Comparação da porcentagem de carbono no TI do fuste entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA.....99

Tabela 31 – Comparação da porcentagem de carbono no TM do fuste entre *Araucaria angustifolia* e Pinus taeda nas diversas idades através da ANOVA.....99

Tabela 32 – Comparação da porcentagem de carbono no TS do fuste entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA.....100

Tabela 33 – Comparação dos teores médios de carbono no fuste de acordo com a idade entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no Sul do Brasil.....101

Tabela 34 – Comparação dos teores de carbono no fuste inteiro entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA.....101

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Aumento da temperatura média do planeta.....24

Gráfico 2 – Temperatura do globo terrestre - limite inferior e superior.....25

Gráfico 3 – Elevação do nível do mar - limite inferior e superior.....26

Gráfico 4 – quantidade de carbono por ha nos diversos biomas.....52

Gráfico 5 – Evolução do preço pago por tonelada de carbono.....57

Gráfico 6 – Comparação da densidade do fuste (t/m³) por faixa etária em povoamentos de *Araucaria angustifolia* 93

Gráfico 7 – Comparação dos teores de carbono do fuste por faixa etária em povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.....102

LISTA DE SIGLAS

AJI	Atividades de Implementação Conjunta (*Activies Implemented Jointly)*
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAP	Circunferência á altura do peito
CC	Com casca
CCE	*Chicago Climate Exchange*
CDM	*Clean Development Mechanism*
CER	*Certified Emission Reduction*
CO	Carbono Orgânico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP	Conferência das Partes
CQMC	Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas
CRE	Certificado de Redução de Emissões
CSMC	Convenção sobre Mudança do Clima
DAP	Diâmetro à altura do peito
EODs	Entidades Operacionais Designadas
EPA	*Environment Protection Agency*
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Ers	Reduções de Emissões
ESW	Central and South West Corporation
ET	Emissione Trading
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food *and Agriculture Organization*

FLONA	Floresta Nacional
FNMA	Fundo Nacional do Meio Ambiente
GEE	Gases de Efeito Estufa
HC	Altura Comercial da árvore
HT	Altura Total da árvore
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
ICSU	Conselho Internacional das Nações Científicas
IPAM	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
IPCC	Painel Inter-Governamental sobre Mudanças Climáticas
ITQ	Mercado Internacional de Carbono
JI	Joint Implementation
LULUCF	Atividades de Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas (*Land, Use, Land Use Change and Forestry)*
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (*Clean Development Mechanism*)
MS	Matéria seca
OMM(WMO)	Organização Meteorológica Mundial
ONG	Organização não-governamental
ONU	Organizações das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PSCIB	Projeto Seqüestro de Carbono da Ilha do Bananal
SPVS	Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem
SC	Sem casca
T I	Terço inferior do fuste

T M	Terço médio do fuste
T S	Terço superior do fuste
TNC	*The Nature Conservancy*
UNCED	Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
UNFCC	Convenção Quadro Sobre Mudanças Climáticas das Nações
UVB	Raios Ultra Violetas
VT	Volume Total da Árvore

LISTA DE SÍMBOLOS

C	Carbono
CFC	Clorofluorcarbono
CH_4	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO_2	Dióxido de Carbono
GT.de C	Giga Tonelada de Carbono
H_2O	Água
ha	Hectare
HFC	Hidrofluorcarbono
Kg/m^3	Quilo por Metro Cúbico
KM	Quilômetro
KM^2	Quilômetro Quadrado
m	Metro
m^3	Metro Cúbico
m^3/ha	Metro Cúbico por Hectare
Mg/ha	Mega Grama por Hectare
N_2O	Óxido Nitroso
O_2	Oxigênio
O_3	Ozônio
ppb	Parte por Bilhão
ppm	Parte por Milhão
ppt	Parte por Trilhão

R^2adj	Coeficiente de Determinação Ajustado
R$	Real
SF_6	Hexafluoreto de Enxofre
SS	Erro de resíduo
St	Estéreo
t.	Tonelada
t. de C	Tonelada de Carbono
t./ha	Tonelada por Hectare
tC/ha	Tonelada de Carbono por Hectare
t/m^3	Tonelada de Carbono por Metros Cúbicos
US$	Dólar Americano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....1

2 OBJETIVOS.....5
2.1 OBJETIVO GERAL.....5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....5

3 REVISÃO DA LITERATURA.....6
3.1 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA da *Araucaria angustifolia*.....6
3.1.1 Distribuição natural da *Araucaria angustifolia* 7
3.1.2 Crescimento e produtividade da *Araucaria angustifolia*.....8
3.1.3 Produtos e utilizações da *Araucaria angustifolia*.....9
3.2 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA DO *Pinus taeda*.....10
3.2.1 Distribuição natural do *Pinus taeda*.....10
3.2.2 Crescimento e produtividade do *Pinus taeda*.....11
3.2.3 Produtos e utilizações do *Pinus taeda*.....12
3.3 EFEITO ESTUFA.....12
3.3.1 Fontes de emissão de gases de efeito estufa decorrentes das atividades humanas.....14
3.3.2 Gases que Provocam o Efeito Estufa.....18
3.3.2.1 Clorofluorcarbono.....18
3.3.2.2 Hidrofluorcarbono.....19
3.3.2.3 Perfluorcarbono 19
3.3.2.4 Hexafluoreto de Enxofre.....19
3.3.2.5 Metano.....19
3.3.2.6 Óxido nitroso.....20
3.3.2.7 Dióxido de carbono.....20
3.4 CICLO DE CARBONO.....21
3.5 POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS DE AQUECIMENTO GLOBAL.....23
3.6 ACORDOS INTERNACIONAIS DE RECONHECIMENTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....27
3.6.1 Convenção quadro das Nações Unidas sobre mudanças do clima.....28

3.6.1.1 O Brasil e as mudanças climáticas....31
3.6.2 Conferência das partes....33
3.7 PROTOCOLO DE KYOTO....38
3.8 MECANISMO DO DESENVOLVIMENTO LIMPO....41
3.8.1 Estrutura institucional....42
3.8.1.1 Conselho executivo do MDL....43
3.8.1.2 Autoridade nacional designada....43
3.8.1.3 Entidade operacional designada....43
3.8.2 Ciclo de um projeto MDL....44
3.8.3. As atividades de LULUCF....45
3.8.3.1 Projetos de LULUCF no Brasil....46
3.8.4 Florestas e o seqüestro de carbono....49
3.8.5 O custo das reduções de emissões e o valor de mercado do carbono....54
3.8.6 Estimativa de carbono orgânico em algumas tipologias florestais....58
3.8.7 Biomassa....64
3.8.8 Inventário Florestal....65
3.8.8.1 Amostragem casual simples....65
3.8.8.2 Amostragem sistemática....66
3.8.8.3 Unidade amostral ou parcela amostral....66
3.8.8.4 Intensidade amostral....66
3.8.8.5 Método indireto de determinação da biomassa....67
3.8.8.6 Método direto de determinação de biomassa....67
3.9 ANÁLISE DE VARIÂNCIA....68

4. MATERIAL E MÉTODOS....70
4.1 FONTE DE DADOS....70
4.1.1 Área de estudo *Pinus taeda* – Rio Negrinho/SC....70
4.1.1.2 Clima....70
4.1.1.3 Hidrografia....72
4.1.1.4 Solos....72
4.1.1.5 Área de estudo *Araucaria angustifolia* - Caçador /SC....72
4.1.1.6 Clima....73
4.1.1.7 Solo....73
4.1.1.8 Altitude....74

4.2 INFORMAÇÃO DENDOMÉTRICA DAS PLANTAÇÕES *Pinus taeda e Araucaria* ***angustifolia***.....74
4.3 METODOLOGIA ADOTADA PARA O CÁLCULO DA CAPTURA DA BIOMASSA 75
4.3.1 Inventário florestal.....75
4.3.1.1 Amostragem.....76
4.3.1.2 Unidade amostral.....76
4.3.2 Coleta dos dados no campo.....76
4.3.3 Coleta de dados para determinação da densidade.....77
4.3.4 Coleta de amostra do fuste para análise laboratorial.....77
4.3.5 Determinação do volume do disco 78
4.3.6 Determinação da densidade.....79
4.3.7 Determinação da biomassa.....79
4.3.8 Obtenção das amostras para análise do carbono.....79
4.3.9 Determinação dos teores de carbono.....80
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....82
4.4.1 Medida de posição.....83
4.4.1.1 Média aritmética (x).....83
4.4.2 Dispersão dos dados.....83
4.4.2.1 Amplitude.....84
4.4.2.2 Desvio padrão.....84
4.4.2.3 Coeficiente de variação.....84
4.4.3 Equação de Regressão Linear Simples.....85
4.4.4 Comparação do volume de biomassa.....85

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....86
5.1 COMPARAÇÃO DO VOLUME DO FUSTE ENTRE POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.....86
5.2 COMPARAÇÃO DA DENSIDADE DA MADEIRA DOS TI, TM, TS DO FUSTE ENTRE POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.....89
5.3 COMPARAÇÃO DA DENSIDADE DO FUSTE INTEIRO ENTRE POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.....91
5.4 COMPARAÇÃO DA BIOMASSA DO FUSTE ENTRE POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.....95

5.5 COMPARAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO NOS TERÇOS (TI, TM, TS) DO FUSTE ENTRE POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*..... 98
5.6 COMPARAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO NO FUSTE INTEIRO DE ACORDO COM A IDADE EM POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.....100

6 CONCLUSÕES.....104

7 RECOMENDAÇÕES.....106

8 BIBLIOGRAFIA.....107

ANEXOS.....117
ANEXO A – Anexo A do Protocolo de Kyoto.....118
ANEXO B – Anexo B do Protocolo de Kyoto.....120

APÊNDICES.....122
APÊNDICE A – ANOVA para os terços do fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifólia* e *Pinus taeda*.....123
APÊNDICE B – Anova para o fuste inteiro no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia e Pinus taeda*.....130
APÊNDICE C – Anova para os terços do fuste no tocante a porcentagem de carbono entre *Araucaria angustifolia e Pinus taeda*.....132
APÊNDICE D – Anova para o fuste inteiro no tocante a porcentagem de carbono entre A*raucaria angustifolia e Pinus taeda*.....140

1 INTRODUÇÃO

A mudança global do clima é um dos mais graves problemas ambientais deste século. Anualmente, uma grande quantidade de carbono vindo da queima de combustíveis fósseis e de mudanças do uso da terra é lançado à atmosfera. Devido a essas emissões, ocorre o aumento da concentração do gás carbônico (CO_2), causando o "efeito estufa" na atmosfera (SOARES e OLIVEIRA, 2002).

De acordo com The Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC, 2001a), que reúne mais de 2000 cientistas de diversos países, estima-se que, nas condições atuais, a temperatura terrestre deverá aumentar entre 1 e 3,5 graus centígrados nos próximos 100 anos. Este aumento poderá resultar em mudanças permanentes no clima, imprimindo novos padrões no regime dos ventos, na pluviosidade e na circulação dos oceanos, acarretando profundas modificações nas condições de vida na terra, colocando a vida humana em risco.

Com as evidentes conseqüências do aquecimento global, houve um aumento sensível de interesse por discussões relacionadas às mudanças climáticas, principalmente a partir da década de 1980. Essas discussões levaram à criação de alguns tratados, que tinham como objetivo o combate das mudanças do clima.

Assim, houve a Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática, aprovada em 1992, e o Protocolo de Kyoto, negociado por mais de 150 países em 1997, que foi firmado pela maioria das nações. O protocolo fixa um teto de emissões equivalente a 5% de redução, em média, ao nível de 1990, para vários países desenvolvidos. Tais reduções devem ser alcançadas entre o período de 2008 e 2012.

O Protocolo de Kyoto relata que análises de resultados de pesquisas científicas alertam para a necessidade de medidas corretivas, através de ações que possam reduzir as taxas de emissões de carbono que provocam o efeito estufa, bem como retirem da atmosfera as quantias

excedentes destes gases, fixando-os na forma de reservas e de produtos, como por exemplo, o seqüestro de carbono através de implantação de florestas.

O Protocolo, em seu artigo 2°, sugere uma série de políticas e medidas que os países desenvolvidos podem adotar a fim de cumprir com seus compromissos de reduzir as emissões. Estes países podem: estimular a eficiência energética; pesquisar e desenvolver tecnologias ambientais e configurar novas e renováveis fontes de energia; proteger e promover melhorias de sumidouros e reservatórios de gases de efeito estufa; estimular reflorestamentos; promover modelos sustentáveis de agricultura, além de reduzir paulatinamente as imperfeições de mercado, como subsídios e isenções fiscais em setores emissores de gases de efeito estufa.

Para tanto, o Protocolo de Kyoto propõe a utilização de mecanismos provenientes das diversas rodadas de negociação entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Propõe, também, a utilização de instrumentos de mercado como meio de obter um maior controle das emissões de gases de efeito estufa. Dentre esses, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) afeta diretamente os países em desenvolvimento. Projetos que resultem em reduções certificadas de emissões seriam financiados pelos países desenvolvidos, com os créditos dessas reduções sendo revertidos aos países financiadores. Em contrapartida, os países em desenvolvimento teriam sua inserção no incipiente, mas emergente, mercado de créditos de redução de emissão de gases de efeito estufa. Somando a isto, o MDL deverá fomentar a transferência de tecnologia do hemisfério Norte para o Sul, bem como o "desenvolvimento sustentável" nestes últimos países, ao mesmo tempo em que promove o controle ou redução das emissões de dióxido de carbono.

O Brasil poderá se beneficiar do MDL com projetos de substituição de fontes energéticas poluidoras e projetos florestais. Destaca-se como vantagem para os projetos florestais, o rápido crescimento das florestas brasileiras.

As florestas promovem inúmeros benefícios diretos e indiretos ao ser humano, mas também contribuem decisivamente reduzindo os impactos ambientais provenientes do efeito estufa, através da absorção e fixação de carbono em sua biomassa (WEBER et al., 2003).

A literatura tem registrado dados de alguns trabalhos com enfoque na possibilidade de captura de carbono pelas florestas plantadas. Da mesma forma, tem-se estimulado a pesquisa de métodos para a quantificação e contabilização das emissões e captura de CO_2 na atmosfera. Esses estudos são de grande importância ao Brasil, pois, no futuro, poderá se tornar um responsável pela captura de CO_2 existente na atmosfera, com vista de apresentar condições favoráveis de possuir diversidade de florestas tropicais, uma grande extensão considerável de florestas plantadas, um grande número de florestas nativas ainda inexploradas, além de áreas de crescimento e possibilidade de planejamento (CARVALHO et al., 2003).

Os estudos sobre a composição química da madeira indicam que o percentual do componente carbono equivale a aproximadamente 50% da biomassa seca das árvores, podendo variar em relação à espécie. Em virtude disso, as florestas apresentam grande potencialidade em estocar carbono, demonstrando ser uma das maneiras mais eficientes de baixar a concentração do dióxido de carbono da atmosfera, por isso usado como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (WATZLAWICK et al., 2003).

Segundo (SANQUETTA et al., 2002a), as florestas plantadas apresentam também uma elevada taxa de crescimento, devido à sua capacidade de fixar o dióxido de carbono através da fotossíntese, para sintetizar a biomassa, demonstrando existir uma estreita relação entre o percentual de carbono absorvido e o crescimento das árvores.

As florestas plantadas estão assumindo um papel de destaque. Isto se deve ao fato de estar surgindo um novo incentivo para o plantio voltado para a captura do carbono, são as "comodities ambientais", que promove um incentivo na economia, com a geração de "créditos de carbono" (CARVALHO et al., 2003).

Dada a importância econômica e sócio-ambiental dos reflorestamentos para fins de seqüestro de carbono, esta pesquisa contemplou a comparação da eficiência em termos de volume, densidade, biomassa e carbono entre povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda.*

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral foi comparar os teores de carbono do fuste em plantações de A*raucaria angustifolia* (Bert. O.Ktze) com idades 19, 20, 23, e 28 e *Pinus taeda* com idades 18, 25, e 26, da região do Sul do Brasil, para fins de seqüestro de carbono no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a produtividade em volume, de acordo com a faixa etária entre as espécies;
- Comparar a densidade da biomassa do fuste por terço;
- Comparar a densidade da biomassa do fuste por faixa etária;
- Comparar a biomassa do fuste por faixa etária;
- Comparar os teores de carbono do fuste por terços;
- Comparar os teores de carbono do fuste de acordo com a faixa etária.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA DA *Araucaria angustifolia*

A Araucaria *angustifolia* pertence à família Araucariácea. Nome científico: *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze, conhecida popularmente como: Pinheiro-do-Paraná, Pinheiro-Brasileiro, Pinho, Pinheiro-Caiová, Pinheiro-São-José, Pinheiro-Macaco.

Esta espécie é conífera (gimnospermas) que habita as florestas subtropicais do Brasil, sendo, portanto, fácil de diferenciar das demais espécies (INOUE, RODERJAN e KUNIYOSHI, 1984).

Segundo Reitz e Klein (1966), são árvores altas, de 25-50 m de altura e 120 cm de DAP (diâmetro á altura do peito – 1,30 m), quando em sua forma adulta, atingindo 50 m de altura e 250 cm ou mais de DAP. Tronco em geral cilíndrico; reto; raras vezes ramificado em dois ou mais; casca grossa, resinosa. Árvores adultas tomam a forma de uma gigantesca umbela, candelabro, taça ou corimbo. Nas árvores jovens, a copa apresenta-se na forma de cone alongado, com forte crescimento ascensional. Árvores dióicas, às vezes monóicas, provavelmente por trauma ou doenças, com flores unissexuadas.

A araucária é uma árvore dominante acima de 500m de altitude, caracterizando a paisagem, razão pela qual se tornou o símbolo do emblema do estado do Paraná (SANQUETTA e TETTO, 2000b).

3.1.1 Distribuição natural da A*raucaria angustifolia*

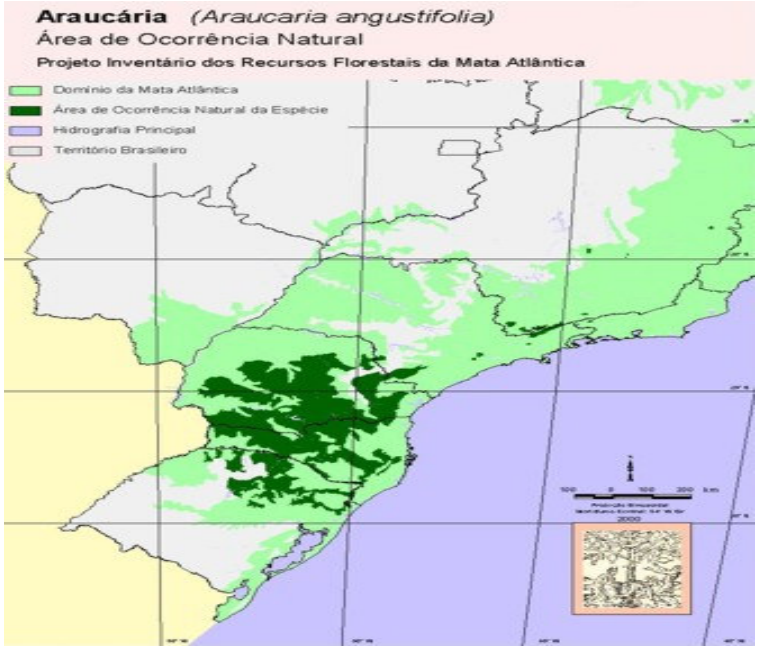
A região de ocorrência natural da espécie formando agrupamentos densos limita-se, sobretudo, na parte leste e central do planalto sul brasileiro, nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Esta espécie ocorre também como ilhas esparsas no sul e nordeste do Estado de São Paulo e, mais raramente, em algumas partes de Minas Gerais e Rio de Janeiro. A *Araucaria angustifolia* ocorre também em pequenas manchas na Argentina (extremo nordeste, na província de Missiones) entre as latitudes 25°30' e 27°sul (REITZ e KLEIN, 1966). De uma maneira geral, a região de ocorrência natural da *Araucaria angustifolia* situa-se no espaço geográfico compreendido entre os extremos: 19°15'latitude sul a 31°30' sul do equador. Com referência a longitude, estende-se desde 41°30' até 54º30' oeste de Greenwich (CARVALHO, 1994).

Segundo Hueck (1972), a área de araucária no Brasil inclui, em primeira linha, as partes mais altas das montanhas do sul, os planaltos que se iniciam ao norte do Rio Vacacai-Jacui, e que rapidamente atingem altitudes médias de 600 a 800 m, com alguns poucos lugares em que ultrapassam 1.000 metros. O limite inferior das matas de araucária situa-se entre 500 e 600 metros nos três estados do sul. Mais ao norte, este limite mínimo altitudinal eleva-se a algumas centenas de metros; sendo que , nas Serras da Mantiqueira e no Itatiaia, as matas de araucária iniciam-se acima de 1.200 m.

De uma forma geral, encontra-se a espécie araucária em altitudes a partir de 500 m a 2.300m, sendo encontrada preferencialmente de 500 a l.500 metros (CARVALHO, 1994).

A situação cartográfica que mostra as regiões de ocorrência natural da *Araucaria angustifolia* é apresentada na figura 1.

Figura 1 – Mapa de distribuição natural da A*raucaria angustifolia (*Bert.) O.Ktze.



Fonte: CN-RBMA, 2006.

3.1.2 Crescimento e produtividade da A*raucaria angustifolia*

Um dos aspectos mais problemáticos do Pinheiro-do-Paraná, como espécie para reflorestamento, é a sua exigência em solos mais férteis.

Para Nutto (2001, apud DE HOOGH 1981, p.11) os povoamentos de bom crescimento geralmente encontram-se em litossolos, essencialmente determinados pela estrutura do solo, enquanto litossolos e solos hidromórficos, em conseqüência das restrições físicas e fisiológicas para o desenvolvimento radicial, produzem condições de crescimento extremamente pobres. O nutriente mais importante que limita o crescimento de araucária é o nitrogênio, seguida pela oferta de fósforo.

Em sítios de boa qualidade, pode apresentar incrementos que, associado à qualidade da madeira e a aspectos ambientais, viabilizem seu emprego em reflorestamentos com fins comerciais.

A Araucária tem sido preterida nos reflorestamentos no sul do País. Considerando somente a produção de volume, perde economicamente para gêneros exóticos de crescimento extremamente rápido.

A justificativa para o uso da Araucária é encontrada nas seguintes vantagens: espécie de alto valor ecológico; ocorre em florestas nativas; minimização do risco de produção por causa da boa adaptação de espécies nativas; e, madeira de alta qualidade e valor nos mercados nacionais e internacionais. (GERHARDT et al., 2001).

3.1.3 Produtos e utilizações da *Araucaria angustifolia*

Os empregos da A*raucaria angustifolia* como madeira serrada e roliça: fornece madeira de alta qualidade para construções em geral, caixotaria, móveis, laminados e vários outros usos, entre os quais: tábuas para forro, ripas, caibros, formas para concreto, palitos de fósforos, lápis, molduras, entre outros usos. Usado como energia a lenha do pinheiro não é de boa qualidade, porém os nós de pinho são famosos pelo poder calorífico, substituindo até o coque. A madeira pode ser utilizada na fabricação de celulose de fibra longa, produzindo papel de excelente qualidade. Teor de celulose = 58,3% e teor de lignina = 28,5%. A resina é exsudada principalmente da casca e serve para a fabricação de vernizes, terebentina, acetona, ácido piro lenhoso e outros produtos químicos.

Na forma alimentar, os pinhões são fontes de proteína, servindo para alimentação humana, de animais domésticos e da fauna silvestre. O nó-de-pinho é muito utilizado em peças artesanais. Pela beleza de sua copa nos vários estágios de crescimento, a espécie é de grande efeito ornamental e paisagístico (CARVALHO, 1994).

3.2 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA DO *Pinus taeda*

O *Pinus taeda* pertence ao reino *Plantae*, *filo Coniferophyta*, classe *Pinopsida*, ordem *Pinales*, família *Pinaceae*. Conhecido popularmente como Pinheiro-americano, Pinheiro-amarelo, tendo como nome científico *Pinus taeda.*

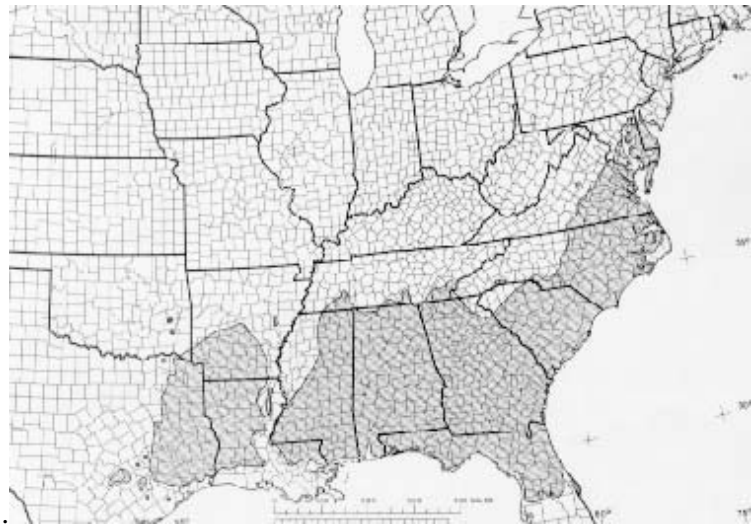
Trata-se da espécie madeireira mais importante dos Estados Unidos na atualidade. No sul do Brasil é cultivado principalmente nas terras mais altas da Serra Gaúcha, no Planalto Catarinense e Paranaense.

As árvores podem atingir mais de 20 metros de altura; casca gretada e ramos acinzentados. Acículas reunidas em grupos 03 (com 15 a 20 cm de comprimento), de cor verde-escura. Cones masculinos cilíndricos e amarelados, femininos ovado-oblongos sésseis ou subsésseis, muito persistentes e dotados de escamas espinhosas. Sementes pequenas, cerca de 5 mm de comprimento, com alas de até 25 mm. A dispersão da semente é anemocórica, tendo como vetor de dispersão : maquinário, vento e o sol. A reprodução, através da semente. (INSTITUTO HORUS, 2005).

3.2.1 Distribuição natural do *Pinus taeda*

Segundo Marchiorri, (1996) e Kronka, (2005), o *Pinus taeda* é oriundo das planícies adjacentes ao Golfo do México e costa atlântica do sudeste dos Estados Unidos. Apresenta uma distribuição mais ampla, alcançando o Texas, Arkansas, Tennessee e Virgínia. É conhecido por “Loblolly pine”. Ocorre mais especificamente em 14 estados, desde o sul de New Jersey até o centro da Flórida e do oeste ao sudoeste de Texas e Oklahoma conforme a Figura 2.

Figura 2 – Região de ocorrência natural do *Pinus taeda*



Fonte: Marchiori, 1996

3.2.2 Crescimento e produtividade do *Pinus taeda*

O crescimento do *Pinus taeda* plantado é propriamente bom quando comparado à maioria das gimnospermas competidoras e em muitos sítios duplicam ou triplicam a produção em relação às espécies associadas comumente.

O crescimento é influenciado pelas propriedades químicas e físicas do solo (textura, compactação, aeração, umidade, PH, nutrientes), luz, temperatura, fotoperíodo, precipitação, padrão sazonal e competição entre os indivíduos. Por causa da influência desses vários fatores, torna-se difícil especificar o fator mais limitante. Conseqüentemente, esses efeitos bióticos e ambientais são comumente expressados pela média da altura dominante das árvores, determinando o sítio.

Os bons sítios, situados no sul do Arkansas, com um índice de sítio de 27 m de altura, sendo manejado sustentavelmente com idades diferentes apresentam um bom estoque, tendo uma média de 0,7m²/ha no crescimento de área basal, 5,6m³/ha do crescimento em volume de mercado.

Os sítios pobres da Geórgia Piedmond, com um índice de sítio de 23 m de altura, apresentam um crescimento anual em média de 5,3m³/ha. Na Tabela 1 está expressa a produção

em m³ cc/ha, a densidade em toneladas por m³ e a matéria seca em toneladas por hectare para diferentes idades do gênero *Pinus.*

Tabela 1 – Produtividade do gênero *Pinus* para diferentes idades

Idade (anos)	Produção (m^3cc/ha)	Densidade (t/m^3)	Matéria Seca (t/ha)
05	78	0,385	28,9
10	212	0,385	81,6
15	278	0,385	107,0
20	325	0,385	125,1

Fonte: adaptado de MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

A produtividade do gênero *Pinus*, aos 21 anos e três desbastes é em torno de 30-35 m³/ha/ano. (SBS, 2003)

3.2.3 Produtos e utilizações do *Pinus taeda*

Dentre os principais usos da madeira serrada de *Pinus taeda* está o segmento industrial de molduras e chapas de diversos tipos, peças, estruturas, janelas, esquadrias, vigas laminadas, portas e na produção de celulose. Como produto de manufaturados de pinus no Brasil, destaca-se a indústria de móveis (SBS, 2003).

3.3 EFEITO ESTUFA

A atmosfera que conhecemos, e que nos garante vida na Terra, é constituída por uma mistura de gases. Os principais são: nitrogênio (N_2) e o oxigênio (O_2) que, juntos, compõem cerca de 99% da atmosfera. Vários outros gases encontram-se presentes em pequenas quantidades, incluindo os conhecidos "gases do efeito estufa" (GEE), como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_20), hexafluoreto de enxofre (SF_6) e as famílias dos Perfluorcarbonos, compostos completamente fluorados, em especial tetrafluormetano (CF_4) e perfluormetano (C_2F_6) e dos hidrofluorcabonos (HFCs), juntamente com o vapor d'água (H_20).

Esses gases recebem tal denominação por terem a capacidade de reter o calor na atmosfera, do mesmo modo que o revestimento de uma estufa para cultivo de plantas, diminuindo, assim, a quantidade de radiação infravermelha reemitida pela Terra para o espaço.

O efeito estufa é um fenômeno natural que possibilita vida na Terra. Este fenômeno acontece há milhões de anos e é necessário, pois, sem ele, a temperatura média da Terra seria 33°C mais baixa e a vida no planeta, tal como conhecemos, não seria possível (SCARPINELLA, 2002; TAUTZ, 2002).

A Tabela 2 destaca os gases de efeito estufa e sua contribuição na atmosfera para este fenômeno.

Tabela 2 – Contribuição dos gases de efeito estufa na atmosfera

Gases do efeito estufa	**Porcentagem em volume**
Dióxido de carbono	55%
Metano	15%
CFCs	20%
Óxido nitroso e outros	10%
Total	**100%**

Fonte: Goldemberg (1989)

Através da Tabela 2 pode-se constatar que o dióxido de carbono é o que mais tem contribuído para o aumento do efeito estufa. Devido a esta constatação esse gás vem recebendo maior atenção dentro dos projetos de redução de emissão dos GEE relacionados ao Protocolo de Kyoto.

Guardada as proporções, o efeito estufa aqui tratado pode ser comparado a um recinto fechado por paredes e tetos de vidro, uma estufa de plantas, por exemplo. O vidro exerce a mesma função que o gás de efeito estufa na atmosfera. Eles retêm parte da radiação térmica reemitida pelo interior.

O Sol emite radiações dos mais diversos comprimentos de ondas. Dos raios que chegam a Terra, 30% são refletidos de volta para o espaço, através das nuvens, atmosfera e os materiais da

superfície terrestre. Cerca de 70% dos raios são parcialmente absorvidos pela Terra. Assim a maior parte da insolação que não é refletida e perdida para o espaço, é usada no aquecimento das áreas líquidas e sólidas da Terra.

A parte da radiação solar de baixo comprimento que é absorvida pela Terra é reemitida para a atmosfera através de ondas longas, especialmente na faixa infravermelha do espectro. Uma parte dessas radiações é absorvida pelo dióxido de carbono, pelas moléculas de vapor de água e outros gases estufa que existem naturalmente. A outra parte é espalhada para o espaço, onde "se perde" (GOLDEMBERG, 1989; SCARLATO, 1998).

Quando os gases precursores do efeito estufa sofrem aumento ou diminuição, a temperatura da Terra pode ser seriamente afetada, porque são estes gases de efeito estufa que regulam a temperatura da Terra (INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA, 2002).

3.3.1 Fontes de Emissão de Gases de Efeito Estufa Decorrentes das Atividades Humanas

As ações decorrentes das atividades econômicas e industriais têm provocado alterações na biosfera, resultando na quase duplicação da concentração de GEE na atmosfera durante o período de 1750 a 1998, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Exemplos dos gases de estufa que são afetados por atividades humanas

	CO_2	CH_4	N_2O	CFC-11	HFC-23
Concentração pré-industrial	280 ppm	700 ppb	270 ppb	Zero	Zero
Concentração em 1998	365 ppm	1745 ppb	314 ppb	268 ppt	14 ppt
Taxa de alteração da concentração	1,5ppm/ano[a]	7,0 ppb/ano[a]	0,8 ppp/ano	-1,4ppt/ano	0,55 ppt/ano
Vida atmosférica	5 a 200 anos	12 anos[d]	114 anos[d]	45 anos	260 anos

Fonte: adaptado de IPCC (2001a)

Legenda:
ppm = parte por milhão;
ppb = parte por bilhão.
Notas:
a – a taxa é calculada durante o período de 1990 a 1999;
b – a taxa para CO_2 tem flutuado entre 0,9 e 2,8 ppm/ano e para CH_4 entre 00 e 13 ppb/ano durante o período de 1990 a 1999;
c – um tempo de vida único não pode ser definido para CO_2 por causa das diferentes taxas de absorção pelos diversos processos de sumidouros;
d – o tempo de vida foi definido como um "tempo de ajuste", que leva em conta o efeito indireto do metano sobre o seu próprio tempo de vida.

As emissões antrópicas de CO_2 emitidas para a atmosfera são provenientes principalmente da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural), pelo setor industrial, veículos em circulação e sistemas domésticos de aquecimento. Nas Tabelas 4 e 5 são apresentadas as situações atuais de emissão de CO_2 no Brasil, excluindo as emissões por desmatamentos.

Tabela 4 – Fontes de emissões de CO_2 no Brasil

Fonte	Porcentagem
Petróleo	58%
Queima da madeira	16%
Coque metalúrgico	12%
Carvão	10%
Gás natural	04%
Total:	100%

Fonte BNDES, 1999.

Tabela 5 - Setores responsáveis pelas emissões de CO_2

Setores responsáveis (1990)	Porcentagem:
Indústria	38 %
Transportes	33 %
Residencial	10 %
Agricultura e agropecuária	07 %
Transformação de energia	06 %
Outros	06 %
Total	100 %

Fonte: BNDES, 1999.

Em termos concretos, segundo Goldenberg (1999 b), no setor moderno, isto é, indústria, comércio e transporte, o Brasil emite anualmente 60 milhões de toneladas de carbono e este número aumenta aproximadamente 5% ao ano.

Segundo Brasil (2003b), as emissões de CO_2 pelo solo no Brasil se deve à mudança no uso da terra, principalmente pelo avanço das fronteiras agrícola e pecuária, como se pode observar na Tabela 6, em um período de 6 anos, destacando-se a região nordeste como grande emissora deste gás.

Tabela 6 – Emissões totais de CO_2 pelos solos devido às mudanças no uso da terra e manejo agrícola

Região	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Norte	133,82	133,41	132,90	132,63	131,97	131,50
Nordeste	186,06	184,98	184,00	182,95	182,10	180,75
Centro-Oeste	137,12	136,31	135,60	135,20	133,93	131,75
Sudeste	21,51	20,61	20,90	19,42	18,83	17,03
Sul	102,34	100,05	99,74	98,89	97,49	94,52
Total	580,86	575,37	572,32	569,09	564,33	555,55

Fonte: Brasil, (2005b).

O Brasil, ao incluir as queimadas e desmatamentos, passa a estar entre os seis primeiros emissores de GEE. Estima-se que existam de 10.000 a 25.000 toneladas de carbono para cada quilômetro quadrado de floresta tropical, sendo que, com as queimadas, cerca de 2/3 deste carbono seria transformado em CO_2 (REZENDE et al., 2001).

Segundo PPE (2005), pode-se constatar, na Tabela 7, que as emissões derivadas do uso de combustíveis fósseis no sistema energético brasileiro, evoluíram de cerca de 194,8 Mt, em

1990, para 227,5 Mt em 1994, apresentando um crescimento de cerca de 16,8% no período ou seja, um aumento anual de cerca de 4%. A utilização do óleo diesel foi a principal fonte de emissão, contribuindo com cerca de 33% a 34% da emissão total. Este combustível, juntamente com o óleo combustível, o coque metalúrgico e a gasolina são responsáveis por mais da metade das emissões de CO_2.

Tabela 7 – Emissões de CO_2 derivadas do consumo de combustíveis fósseis nos setores de consumo de energia

Setores	1990	%	1991	%	1992	%	1993	%	1994	%
Energético	13226,3	7,3	11875,2	6,3	12462,4	6,5	13471,4	6,7	13954,0	6,6
Residencial	13767,5	7,6	14140,6	7,4	14650,2	7,6	15184,1	7,5	15188,4	7,2
Comércio e Público	2546,4	1,4	2428,0	1,3	2458,0	1,3	2411,6	1,2	3523,9	1,7
Agropecuário	9997,8	5,5	10425,5	5,5	10726,2	5,6	11851,1	5,9	12516,4	5,9
Industrial	59850,3	33,2	65771,8	34,7	66635,1	34,6	69839,0	34,6	72272,2	34,3
Transporte	81142,2	44,9	85165,7	44,9	85807,6	44,5	89214,8	44,2	93331,3	44,3
Total	180530,5	100	189806,9	100	192739,5	100	201972,1	100	210786,2	100

Fonte: Programa de Planejamento Energético (2005).

Segundo BNDS (1999), a nível mundial, os países mais industrializados produzem 63% das emissões mundiais de CO_2 e devem reduzir em 5,2% suas emissões no período 2008-2012. Os Estados Unidos lideram o ranking das emissões globais de GEE, com cerca de 36% do total das emissões, isto se deve principalmente à queima de combustíveis fósseis, pelas indústrias, como pode-se observar na Tabela 8.

Tabela 8 – Principais países emissores de CO_2 em 1990

País	Emissão (Gg)	Porcentagem
Estados Unidos	4.957.022	36,1
Federação Russa	2.388.720	17,4
Japão	1.173.360	8,5
Alemanha	1.012.443	7,4
Reino Unido	584.078	4,3
Canadá	457.441	3,3
Itália	428.941	3,1
França	366.536	2,7
Espanha	260.654	1,9

Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia (1999a)

Caso as taxas de industrialização, desmatamento e queimadas continuem no mesmo ritmo, os países em desenvolvimento emitirão, em pouco tempo, a mesma quantidade de CO_2 que os países industrializados.

3.3.2 Gases que Provocam o Efeito Estufa

Os gases que provocam o efeito estufa e consequentemente o aquecimento global do planeta alterando as condições climáticas são os relacionados abaixo.

3.3.2.1 Clorofluorcarbonos

É uma substância artificial que não ocorre naturalmente na atmosfera, que foi introduzida por atividades humanas. Criada pelo homem na década de 30, tem uma molécula de cloro que reage com o O_3, destruindo suas moléculas e possibilitando a passagem de UVB, nocivo ao homem e às plantas.

Os CFCs são produtos de indústrias químicas, que nunca existiram na atmosfera até serem sintetizados há 60 anos. São utilizados em refrigeradores, condicionadores de ar, spray (aerossóis) e constituem o mais poderoso gás, com efeito, estufa: uma molécula de certo tipo de CFC é responsável por 20% do agravamento do efeito estufa (IPCC, 2001b).

.

3.3.2.2 Hidrofluorcarbono

O hidrofluorcarbono (HFC) está pouco presente na atmosfera, mas é um dos três gases industriais controlados pelo Protocolo de Kyoto. Gás criado pelo homem como alternativa de substituição aos produtos químicos, mas que afetam a camada ozônio. O HFC é usado para refrigeração, sistemas de ar condicionado, aerossóis, solventes e produção de espuma.

Este gás, segundo (IPCC, 2001a), tem uma vida longa na atmosfera, de modo que as maiorias das emissões que ocorreram nas duas décadas passadas podem estar acumuladas na atmosfera. Entre 1978 e 1995, HFC-23 aumentou aproximadamente de 3 ppt à 10 ppt, sendo que a quantidade na atmosfera continua crescendo.

3.3.2.3 Perfluorcarbono

É um gás artificial criado pelo homem como alternativa aos produtos químicos, mas prejudiciais à camada de ozônio. É aplicado em refrigeração, solventes, propulsores, espuma e aerossóis. Assim como o clorofluorcarbono, é um dos gases industriais controlados pelo Protocolo de Kyoto pelo seu potencial de aquecimento global (IPCC 2001a).

3.3.2.4 Hexafluoreto de enxofre

Utilizado como isolante térmico, condutor de calor e agente refrigerante, o hexafluoreto de enxofre (SF_6) é um dos gases de efeito estufa controlados pelo Protocolo de Kyoto. Embora esteja presente na atmosfera em quantidade muito menor em relação ao CO_2, (4,2 ppt), acredita-se que seu potencial de aquecimento global seja 22.200 vezes maior que o dióxido de carbono (IPCC, 2001a).

3.3.2.5 Metano

O metano (CH_4) tem uma maior eficiência que o CO_2 como gás efeito estufa. Mostra ser um contribuinte importante para o efeito estufa, sendo produzido por vários processos naturais, como a fermentação em pântanos, aterros sanitários, processos movidos pelo homem, como a queima da biomassa vegetal, o plantio de arroz e a criação de bovino e ovino.

A concentração atmosférica do metano apresentou um acréscimo de 1060 ppb (ou 151%) desde 1750 e continua aumentando. A presente concentração atmosférica global do metano é de

1.71 ppbv, mais do que o dobro de sua concentração durante o período pré-revolução industrial, que era aproximadamente 0,8 ppbv (IPCC, 2001a).

3.3.2.6 Óxido nitroso

De acordo com o IPCC (2001a), o óxido nitroso (NO_2) é um dos gases estufa de importância. Por isso, encontra-se no âmbito do Protocolo de Kyoto.

É um gás produzido naturalmente pelos oceanos, pelas florestas tropicais e também por fontes antropogênicas, como a produção de nylon, ácido nítrico, atividades agrícolas, devido ao uso de fertilizantes que aumentou nos últimos 150 anos. Podem-se citar, também, os carros com três modos de conversão catalítica, queima de biomassa e a queima de combustíveis fósseis.

A maior fonte de renovação do óxido nitroso são as reações fotolíticas (na presença de luz) na atmosfera. A concentração global atmosférica de óxido nitroso no começo de 1993 era de 310 ppbv. Por volta de 8% maior do que o nível de concentração durante o período que antecedeu a revolução industrial, que era de 275 ppbv.

3.3.2.7 Dióxido de carbono

O dióxido de carbono (CO_2) é o gás de maior importância dentre os gases de efeito estufa, representando 55% desses na atmosfera. Por este motivo, esse gás recebe maior importância dentro das discussões a respeito das mudanças climáticas.

As principais fontes de dióxido de carbono é extração, transformação, transporte, uso final de combustíveis fósseis e desmatamentos associados à queima de áreas florestais.

Encontra-se na atmosfera, na pequena concentração de 0,035%, mas suficiente para a manutenção de uma temperatura média terrestre de 15°C, devido à sua capacidade de absorver os raios infravermelhos (INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA, 2002).

3.4 CICLO DO CARBONO

O átomo de carbono faz parte de dois gases importantes para o efeito estufa, metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) e, é o elemento químico mais abundante dentre os elementos dos ciclos biogeoquímicos, que envolvem a vida (bio), a terra (geo) e a química.

O ciclo global do carbono é composto de vários ciclos simples conforme Figura 3. O ciclo mais importante é chamado de fotossíntese – respiração e, está intimamente ligado com as plantas, animais e bactérias (biosfera).

O CO_2 existe na atmosfera em pequena proporção, cerca de 0,03% em volume ou 760 Gt C, onde desempenha função fundamental com referência ao crescimento dos vegetais. Plantas, seja na terra ou nos oceanos, armazenam o dióxido de carbono (CO_2) na biomassa, liberando o oxigênio (O_2).

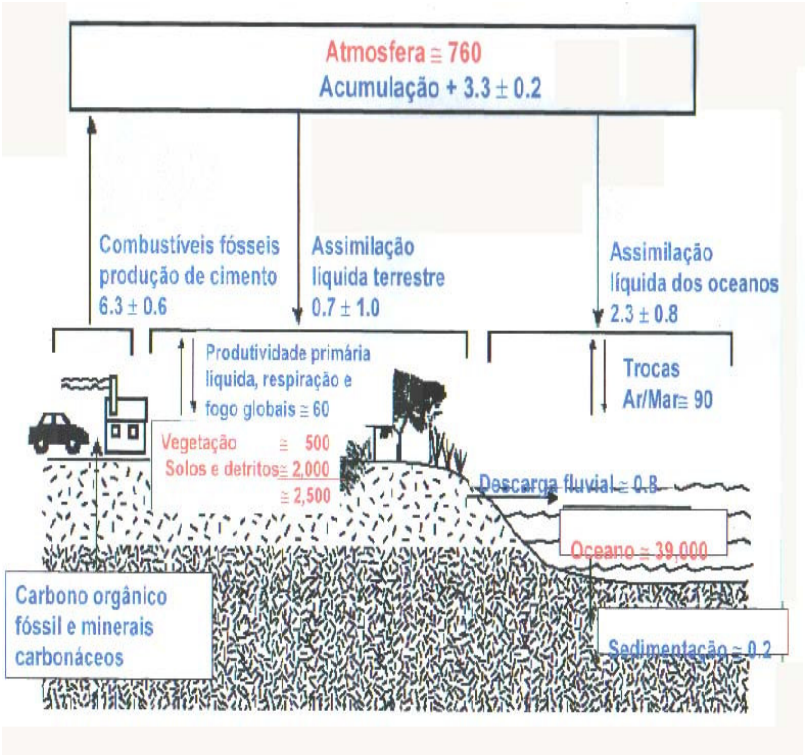
Este processo é chamado de fotossíntese, onde a luz (foto) é essencial para sintetizar biomassa. O exemplo mais comum deste processo é o crescimento das plantas, que possuem três vezes e meio mais carbono que a atmosfera, cerca de 2.500 Gt. Como os vegetais servem de base para o reino animal, pode-se dizer que, sem o dióxido de carbono, não haveria vida sobre a Terra.

A respiração é o principal processo complementar da fotossíntese. Neste processo, a biomassa (matéria orgânica) reage com o oxigênio, liberando dióxido de carbono e energia. Através deste processo que animais, plantas e outros organismos se mantêm vivos.

Dois outros processos são semelhantes à respiração: a decomposição e a combustão. Decomposição é a respiração, principalmente das bactérias e fungos, enquanto digerem a matéria morta. A combustão de matéria orgânica segue o mesmo percurso da respiração, na qual as enzimas são substituídas pelo calor para acelerar o processo que libera energia e dióxido de carbono.

Durante a década de 1990, houve uma absorção líquida de carbono no ciclo respiração/fotossíntese, cerca de aproxidamente 0,7 a 1,0 Gt C, apesar das emissões através do desmatamento que foram aproximadamente de l, 7 à 0,8 Gt.

Figura 3 – Ciclo global do carbono



Fonte: Rocha, 2004.

O ciclo do carbono não é restrito somente às plantas e à atmosfera. O dióxido de carbono é solúvel em água e os oceanos cobrem cerca de 70% da superfície terrestre. Os oceanos trocam dióxido de carbono com atmosfera (90 Gt C/ano) e armazenam aproximadamente 50 vezes mais carbono que a atmosfera (39.000 Gt C), predominando o carbono inorgânico dissolvido. Todavia, o seqüestro de carbono pelos oceanos é limitado devido à solubilidade do CO_2 na água do mar e à baixa taxa de mistura entre as águas marinhas superficiais e profundas.

Atualmente, o oceano está absorvendo menos da metade das emissões antrópicas, aproximadamente 2,3 à 0,8 Gt C. Os ciclos que envolvem as plantas e os oceanos mudam a concentração de dióxido de carbono na atmosfera numa escala de tempo de semanas a meses.

Um terceiro ciclo envolve as rochas. A matéria orgânica depositada nas rochas durante milhões de anos, que se transforma em carvão mineral, petróleo ou gás natural – os chamados combustíveis fósseis. Os ciclos que envolvem as rochas levam centenas de milhares ou milhões de anos para afetar a concentração de dióxido de carbono na atmosfera, com uma exceção: a atividade humana (WATSON et al., 2000).

A sociedade humana busca estes recursos através de minas de poços que aceleram o processo de mobilizar o carbono destes combustíveis fósseis, porque eles são necessários para gerar eletricidade, mover carros e cozinhar alimentos, além de outros usos.

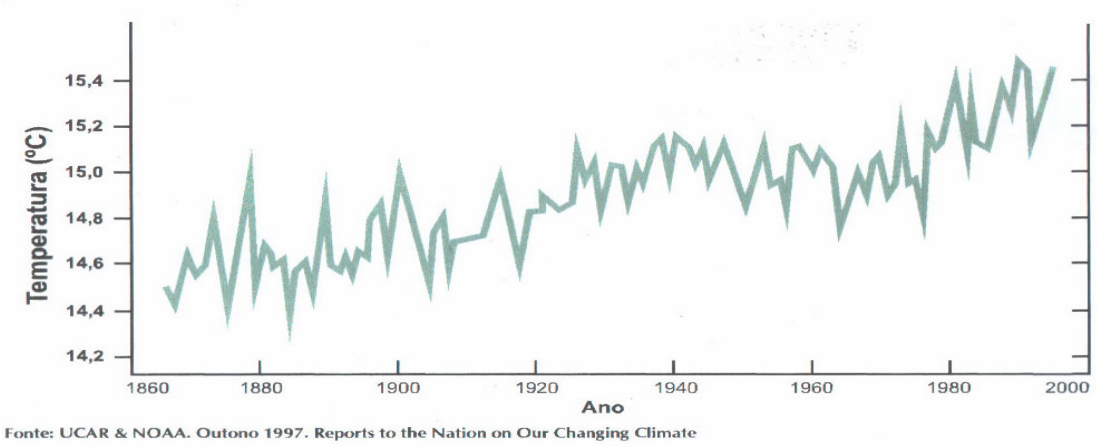
A liberação do carbono através da queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra (desmatamentos e queimadas), impostas pelo homem, constituem um papel fundamental na mudança do clima do planeta. O aumento anual líquido do carbono oriundo das atividades humanas é de aproximadamente três bilhões de toneladas (INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA, 2002).

3.5 POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS DO AQUECIMENTO GLOBAL

Segundo o IPCC (2001a), a mudança do clima é comumente chamada de aquecimento global, porque uma das conseqüências mais prováveis da existência de concentrações maiores de gases de efeito estufa na atmosfera são temperaturas médias altas, que serão sentidas tanto a nível global como a nível regional, afetando um pouco, por toda parte, os vários países.

Pode-se observar no Gráfico 1 que a temperatura média global de superfície nos últimos cem anos aumentou entre 0,4 e 0,8°C, e as décadas de 80 e 90 foram as mais quentes do século XX.

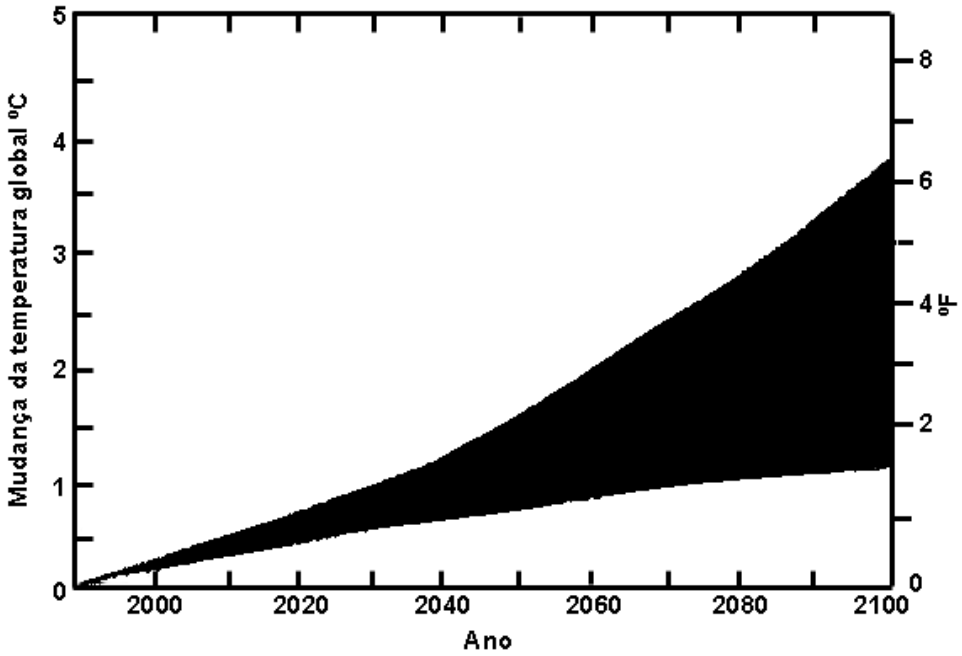
Gráfico 1 – Aumento da temperatura média do planeta



Fonte: UCAR & NOAA. Outono 1997. Reports to the Nation on Our Changing Climate

A partir dos dados disponíveis até 1990 e da tendência de emissões dos GEE nos níveis atuais, sem a implementação de políticas específicas para a redução de emissões, a projeção do IPCC (200l b) é que o aumento da temperatura média global seja entre 1° e 3,5° no decorrer dos próximos 100 anos, conforme Gráfico 2.

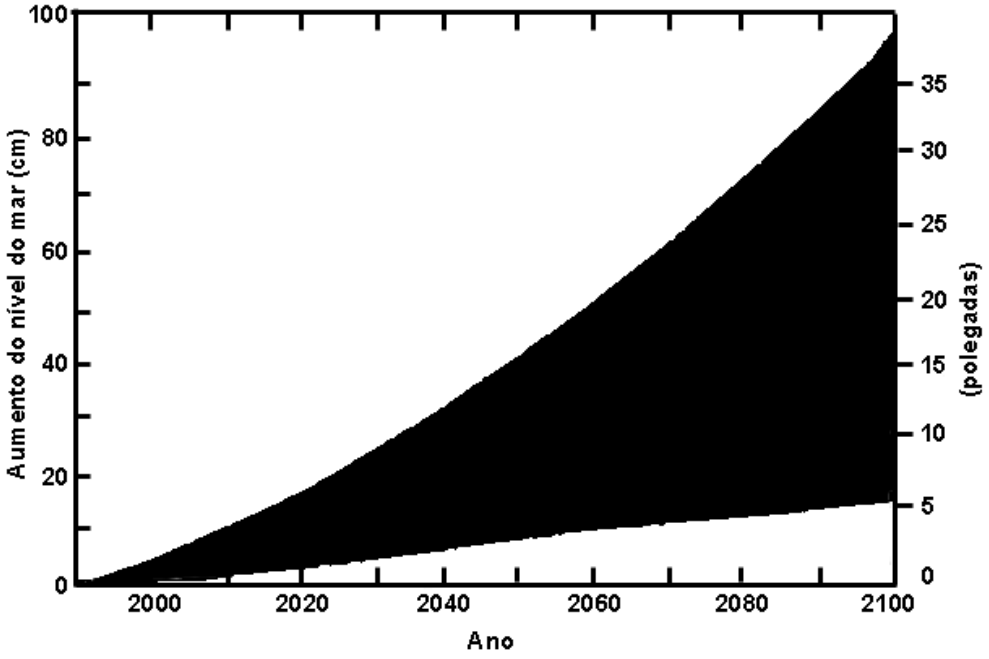
Gráfico 2 - Temperatura do globo terrestre - limites inferior e superior



Fonte: IPCC (2001b)

Uma das conseqüências mais graves do aquecimento global é a elevação do nível dos oceanos, o que já vem sendo detectado conforme Gráfico 3. Caso esse problema se agrave, poderão acontecer graves impactos físicos sociobiológicos e econômicos. O nível do oceano pode subir cerca de um metro, inundando regiões densamente povoadas próximas aos deltas dos rios, fazendo desaparecer as ilhas e terrenos costeiros de baixa altitude.

Gráfico 3 - Elevação do nível do mar - limites inferior e superior



Fonte: IPCC (2001b)

O relatório IPCC (2001b) alerta que a mudança climática pode:

– Reduzir as colheitas em muitas regiões tropicais e subtropicais, incluindo as da África e América Latina, com risco para a segurança alimentar. Os países latino-americanos que sofrerão maior perda na produção agrícola deverão ser Argentina, Brasil, Chile, México e Uruguai;

– Os fenômenos naturais El Niño e La Niña, um evento climático que ocorre a cada 05 ou 07 anos, poderá se tornar mais intenso e freqüente. O El Niño acentuará a seca nordestina e no norte da Amazônia. Ocorrerão chuvas mais fortes nos estados do Sul brasileiro, que apresentarão, também, umidade acima dos padrões normais, sendo que, nesta região ocorrerão inundações mais freqüentes;

– A escassez de água se agravará em muitas regiões, entre elas o Sudeste Asiático, ocorrendo propagação de diversas enfermidades, como malária e cólera;

– Mudança na produtividade e composição de sistemas ecológicos, com florestas e recifes de corais sendo os mais vulneráveis;

– Aumento, em especial nas regiões tropicais e subtropicais, da incidência da mortalidade por “estresse gerado pelo calor” (“heat stress”) e do número de pessoas expostas a doenças transmissíveis por vetores, como a malária e dengue, e pela água, como o cólera.

As conseqüências benéficas da mudança do clima seriam:

a) Aumento da produtividade agrícola em algumas regiões de latitude média, no caso do aumento de alguns graus na temperatura média;
b) Aumento da disponibilidade de água em algumas regiões carentes deste recurso, por exemplo, em partes do Sudoeste da Ásia;
c) Diminuição da mortalidade no inverno em regiões de média e alta altitude;
d) Potencial aumento do suprimento global de madeira advindo de florestas manejadas.

De acordo com CHANG (2004), alguns sinais de alerta parecem apontar na direção dos impactos previstos, tais como: aumento no nível do mar; alteração no suprimento de água doce; extremos climáticos mais freqüentes, como ciclones; tempestades de chuva e neve fortes; e rápido ressecamento do solo.

3.6 ACORDOS INTERNACIONAIS DE RECONHECIMENTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A primeira Conferência Mundial sobre o Clima, em 1979, reconheceu a mudança do clima como um grave problema. Essa reunião científica explorou a questão de como a mudança do clima poderia afetar as atividades humanas.

Foi criado então um Programa Mundial do Clima sob a responsabilidade conjunta da Organização Meteorológica Mundial (OMM), o Programa das Nações Unidas para o Meio ambiente (PNUMA) e o Conselho Internacional das Uniões Científicas (ICSU).

A partir daí, certo número de conferências inter-governamentais consagradas à mudança do clima foram realizadas. Os principais eventos foram a Conferência de Villach (outubro de

1985), a Conferência de Toronto (junho de 1988), a Conferência de Ottawa (fevereiro de 1989), a Conferência de Tata (fevereiro de 1989), a Conferência e Declaração de Haia (maio de 1989), a Conferência Ministerial de Noordwijk (novembro de 1989), o Pacto do Cairo (dezembro de 1989), a Conferencia de Bergen (maio de 1990) e a Segunda Conferência Mundial sobre o Clima (novembro de 1990). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é reconhecido como a maior autoridade mundial em questões climáticas. Estabelecido em 1988 pela Organização Metereológica Mundial e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o IPCC foi criado para melhorar o entendimento científico sobre o tema através da cooperação dos países membros das Organizações das Nacoes Unidas (ONU). A partir daí houve uma evolução nos debates: em 1990, sob recomendação do IPCC, a Assembléia Geral da ONU iniciou as negociações para a adoção da Convenção sobre Mudança Climática (FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2002).

3.6.1 Convenção quadro das nações unidas sobre mudanças do clima

Devido à gradual percepção da necessidade de desenvolver políticas e instrumentos legais internacionais sobre a questão da mudança do clima, a Assembléia Geral das Nações Unidas estabeleceu, em seu período de sessões de 1990, o Comitê Inter-Governamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima (CIN/CQMC). Representantes de mais de 150 países encontraram-se durante cinco reuniões celebradas entre fevereiro de 1991 e maio de 1992.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima foi assinada inicialmente pelo Brasil durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), a “Cúpula da Terra”, também conhecida como RIO-92, realizada no Rio de Janeiro, de 03 a 04 de junho de 1992, foi ratificada por 182 países e entrou em vigor em 21 de março de 1994 (AUKLAND e COSTA, 2002). No Brasil, a mesma foi ratificada pelo

Congresso em 28 de fevereiro de 1994 e entrou em vigor noventa dias após, em 29 de maio do mesmo ano (FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2002).

O objetivo principal da Convenção, conforme seu art. 2° é o de alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, a nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema do clima. Esse nível deverá ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, assegurando que a produção de alimentos não seja ameaçada e permitindo que desenvolvimento econômico prossiga de maneira sustentável.

Com a inclusão deste objetivo de ordem geral, a Convenção reconhece que as "previsões relativas a mudanças do clima caracterizam-se por muitas incertezas, particularmente no que se refere à sua evolução no tempo, magnitude e padrões originais", desta forma não existe uma certeza científica sobre o que seria um nível perigoso de concentrações de gases para a humanidade.

A Convenção Sobre Mudanças do Clima (CSMC) gerou um documento que reconhece oficialmente as evidências de mudanças climáticas globais, causadas em grande parte pelo homem, e a gravidade da questão. Neste documento, são propostas algumas ações e diretrizes de início ao combate do aquecimento global. Mas específicamente, a convenção tem o objetivo de reduzir ou evitar as emissões de GEE, de modo que haja uma adaptação sem grandes perdas da biodiversidade e uma redução dos impactos causados à natureza, baseando-se no Princípio da Precaução, devido aos possíveis impactos sobre a vida do Planeta (SCARPINELLA, 2002).

O documento elaborado procurou acomodar as diferentes visões do problema, com o estabelecimento do princípio de responsabilidade comum, porém diferenciadas entre os países. Significa que os países desenvolvidos têm a responsabilidade de reduzir suas emissões, já que o desenvolvimento de uma nação, conforme a Convenção-Quadro está diretamente relacionado às emissões de GEE efetuadas pela mesma.

Diante disso, os países signatários da Convenção são divididos de forma que possam equalizar suas obrigações na tentativa de reduzir as emissões de GEE. A convenção determina, ainda, que as partes dos países desenvolvidos devam tomar a iniciativa no combate à mudança do clima, buscando sempre o desenvolvimento sustentável e o auxílio aos países em desenvolvimento, sobretudo aos que estão sujeitos a mais riscos, devido ao aquecimento global. As partes são divididas em Anexo A (países desenvolvidos) e no Anexo B (países em desenvolvimento).

Os países que fazem parte do Anexo A são aqueles que possuem economia desenvolvida e que teriam um compromisso na redução de emissão dos gases causadores do efeito estufa. São eles: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Bulgária*, Canadá, Comunidade Européia, Croácia*, Dinamarca, Eslovênia*, Eslováquia*, Espanha, Estados Unidos da América, Estônia*, Federação Russa*, Finlândia, França, Grécia, Hungria*, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letônia*, Liechtenstein, Lituânia*, Luxemburgo, Mônaco, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polônia*, Portugal, Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte, República Tcheca*, Romênia*, Suécia, Suíça e Ucrânia*, sendo que os países assinalados com o sinal (*) são aqueles em processo de transição para uma economia de mercado.

Os demais países em desenvolvimento e integrantes da Convenção - Quadro das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas - são constituintes do Anexo B.

A Convenção do Clima foi estabelecida também para auxiliar na implementação de uma nova rota do desenvolvimento mundial, a chamada sustentável.

As propostas discutidas durante as últimas Conferências das Partes (Kyoto-97 e Buenos Aires-98, Bonn-99) deram ênfase à introdução de mecanismos de mercado para controlar as emissões. Os governos podem trabalhar juntos para desenvolver novas políticas e programas, que terão grande influência na forma como as pessoas vivem e trabalham.

A Convenção encoraja-os a compartilhar tecnologias e a cooperar de outras maneiras para a redução das emissões de gases de efeito estufa, principalmente as procedentes dos setores de energia, transporte, indústria, agricultura, florestas e administração de resíduos, que, em conjunto, produzem quase a totalidade das emissões de gases de efeito estufa atribuídas à atividade humana. Reforça-se que os países desenvolvidos são os principais responsáveis pelas emissões atuais e cabe a eles tomar a iniciativa no combate à mudança do clima (ROCHA et al. 2005c).

Os países que ratificaram a Convenção, chamados de "Partes da Convenção" se comprometeram em elaborar, atualizar periodicamente e dar publicidade aos inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e sumidouros de gases (MCT, 2004a).

3.6.1.1 O Brasil e as mudanças climáticas

O Brasil é um dos países de maior relevância para a efetiva implementação da Convenção, por uma série de fatores de natureza econômica, social, política e ambiental. Com relação à questão política, o Brasil tem exercido liderança no campo internacional nessa matéria, desde a realização da Conferência da ONU, no Rio, em 1992, até a proposta de Kyoto, do mecanismo que veio a se transformar no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. O país destaca-se por possuir a maior biodiversidade do planeta, por sua matriz energética baseada em geração por hidroelétricas e existência de alternativas energéticas menos poluentes, como álcool e por seu enorme potencial para geração de energia renovável, dentre outros. O movimento ambientalista relativamente consolidado e a crescente consciência dos órgãos públicos e do setor empresarial sobre a importância do tema, são aspectos políticos de grande relevância.

Do ponto de vista econômico, os seguintes elementos são significativos:

– economia em crescimento;

– grande parque industrial automotivo;

– atividade agropastoril intensa.

O Brasil destaca-se, ainda, por ser um país cujas atividades têm grande capacidade de repercussão internacional e, dentre os Programas Relacionados com o Desenvolvimento Sustentável promovidos pelo governo brasileiro, destacam-se aqueles voltados à implementação da Convenção do Clima:

– Programa Nacional do Álcool (Próalcool);

– Programas de Conservação de Energia;

– Programas de Expansão da Co-geração e da Geração Elétrica por Biomassa;

– Hidrelétricas;

– Fontes de Energia Renováveis;

– Programa de Transporte Coletivo Movido a Hidrogênio (Projeto GEF);

– Programa de Reciclagem;

– Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM);

– Indústria Siderúrgica a Carvão Vegetal.

Entre os programas de médio e longo prazo relevantes para a implementação da Convenção, destacam-se:

– Programa de Redução das Emissões Veiculares – PROCONVE;

– Programa da Qualidade do Ar – PRONAR;

– Prevenção de Queimadas;

– Unidades de Conservação;

– Programa de Avaliação do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES);

– Divulgação das Estimativas Oficiais do Desflorestamento na Amazônia Brasileira;

– Combate ao Desflorestamento na Amazônia (MCT, 2004c).

3.6.2 Conferência das partes

Com a entrada em vigor da Convenção do Clima, em 21 de março de 1994, representantes dos países signatários da UNFCC passaram a se reunir para discutir o progresso de sua implementação. Estes encontros são chamados de Conferência das Partes (COPs). Neste caso, Parte é o mesmo que país e a COP constitui o órgão supremo da convenção (FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2002).

O artigo 7° da CSMC determina a Conferência das Partes (COP) que, a partir de então, seria o órgão supremo da CQMC, tendo a responsabilidade de ministrar reuniões regulares (anuais)[1], onde seriam tomadas decisões em prol do avanço no combate às mudanças climáticas. A COP revê a implementação da Convenção e examina os compromissos das Partes sob os objetivos da Convenção, novas descobertas científicas e experiências adquiridas no decorrer das implementações políticas das mudanças climáticas.

Outra responsabilidade da COP é a revisão da Comunicação Nacional, documento divulgado por todas as Partes integrantes da Convenção, que destaca as emissões atuais dos GEE do país, em seus diversos setores. Tem como função, também, rever os relatórios anuais do Comitê Executivo, organizar a distribuição regional e sub-regional das entidades operacionais designadas e pregar sua credibilidade, examinar a distribuição regional e sub-regional com vistas a identificar barreiras sistemáticas a sua distribuição eqüitativa, além de cuidar de arranjar fundos para atividades de projetos de MDL, se necessário.

As COPs realizadas até o momento e seus destaques foram as seguintes:

COP 1 – em abril de 1995 realizou-se a primeira Conferência das Partes (COP-1), órgão supremo da Convenção, em Berlim, Alemanha, onde se definiu a cidade de Bonn como sede do Secretariado da Convenção e se estabeleceu uma fase piloto para Atividades Implementadas Conjuntamente[2].

---

[1] Pode haver convocação para sessões extraordinárias das COP's, sendo realizadas 6 meses após a solicitação ter sido comunicada às Partes. Deve haver uma aceitação de pelo menos 1/3 das Partes constituintes da Convenção.

[2] Conhecida como "A Pilot Program for Activities Implemented Jointly (AIJ)", foi estabelecida no Artigo 4.2(a) da Convenção do Clima e representa o período compreendido entre a COP-1 e 31 de dezembro de 1999, ao longo dos

No processo de negociação que se segue à Convenção, constatou-se que as Partes do Anexo I não conseguiriam honrar seus compromissos.

Devido às diversas evidências dos efeitos rápidos e catastróficos da Mudança do Clima para a humanidade e ecossistemas, mais de 2.400 cientistas e 2.600 economistas, assinaram o Mandato de Berlim, durante a COP-1. Resolução essa apoiando o parecer do IPCC, alertando para o grande risco potencial da mudança climática e a justificativa para a tomada imediata de medidas preventivas.

O mandato de Berlim estabeleceu que os países desenvolvidos devem, com base no princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada, definir um protocolo ou outro instrumento legal, limitações quantificadas e objetivos de redução, para suas emissões antrópicas, por fontes e remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controladas pelo Protocolo de Montreal, bem como descrever as políticas e medidas que seriam necessárias para alcançar essas metas.

COP 2 – ocorreu de 09 a 19 de julho de 1996, em Genebra (Suíça), na qual foi assinada a declaração de Genebra, contemplando o acordo para a criação de obrigações legais com vistas à redução de GEE, ainda a ser implementado na COP 3.

Em setembro de 1995, o IPCC lança o seu segundo relatório (SAR-*Second Assessment Report*), apresentado na COP 2, onde reforça as evidências do aquecimento global e a necessidade de uma forte ação política de combate ou minimização dos problemas causados ao meio ambiente.

COP 3 – Ocorreu de 01 a 10 de dezembro de 1997, em Kyoto (Japão). Contou com a presença de representantes de mais de 160 países com vistas ao cumprimento do Mandato de Berlim. Foi estabelecido o Protocolo de Kyoto. Tal protocolo estabelece compromissos para as Partes incluídas no Anexo I de redução de pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990 das emissões antrópicas combinadas de gases de efeito estufa, para os períodos de 2008 a 2012.

---

quais as Partes concordam em programar projetos de ação conjunta de forma a reduzir as emissões de GEE sem, no entanto, receberem créditos fungíveis e aplicáveis ao cumprimento das metas de redução das Partes Anexo I. o Brasil não aceitou participar destes projetos.

COP 4 – Ocorreu de 02 a 13 de novembro de 1998, em Buenos Aires, Argentina, que estabeleceu o Plano de Ação Buenos Aires (*Buenos Aires Plan of Action* – BAPA), cuja data limite seria o ano 2000, para que fossem colocadas em prática as principais regras e questões técnicas e políticas, bem como os impasses respectivos à implementação do Protocolo de Kyoto.

Durante a COP 4, os EUA assinaram o Protocolo de Kyoto, o que representou um passo importante de reconhecimento do problema, embora não tenham ratificado este documento. Para tal, é necessário que o senado americano aprove o Protocolo (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1999a).

COP 5 – Ocorreu de 25 de outubro a 05 de novembro de 1999, em Bonn (Alemanha). Houve reuniões técnicas e processo de consulta, em cumprimento ao Plano de Ação Buenos Aires.

COP 6 – Ocorreu de 13 a 18 de novembro de 2000, em Haia (Holanda). Os objetivos eram regulamentar os compromissos de redução de emissões de gases de efeito estufa estabelecidos no Protocolo de Kyoto de 1997, encerrando um processo preparatório de quase 02 anos, delineado pelo Plano de Ação de Buenos Aires, de 1998 e garantir a implementação da Convenção – UNFCC. As negociações foram suspensas pela falta de acordo entre a União Européia e os Estados Unidos em relação aos sumidouros e às atividades de mudança do uso da terra.

Devido ao impasse criado, foi convocada nova conferência, chamada de Sexta Sessão Reconvocada da Conferência das Partes – COP 6 PARTE II ou COP 6,5 realizada em Bonn, Alemanha, em julho de 2001. A conferência resultou nos Acordos de Bonn, que finalizaram a negociação de elementos importantes expressos no Plano de Ação de Buenos Aires, como capacitação, transferência de tecnologia, medidas de adaptação aos efetivos adversos da mudança do clima e mecanismos financeiros. Entretanto, ficaram pendentes questões relacionadas à mudança no uso do solo e florestas (*Land Use, Land Use Change and Forestry* – LULUCF), conformidade, mecanismos e questões ligadas aos artigos 5, 7 e 8 do Protocolo (questões

metodológicas, comunicação, informação e revisão da informação) que foram encaminhadas para decisão na Sétima Conferência das Partes.

COP 7 – Ocorreu de 29 de outubro a 09 de novembro de 2001, em Marrakesh (Marrocos). Na COP 7, decidiu-se que as Partes da Convenção podem iniciar seus projetos, antes mesmo da ratificação do Protocolo e comercializar seus respectivos créditos no mercado, desde que estes tenham sido aprovados pelo Comitê Executivo.

Foi estabelecido ainda que, mesmo os países que não tenham ratificado o Protocolo, possam participar do Comércio de Emissões, um dos mecanismos de flexibilização do Protocolo.

COP 8 – Ocorreu de 23 de outubro a 01 de novembro de 2002, em Nova Delhi, Índia. Na declaração revisada e aprovada, reconheceu-se a vulnerabilidade da África e das Pequenas Ilhas; destacou-se a adaptação, o auxílio a países pobres e a necessidade de cooperação internacional e de transferência de tecnologias; e ressaltou-se a relação entre mudanças climáticas e desenvolvimento social. Quanto ao Protocolo de Kyoto, estabeleceu-se que todas as partes que já ratificaram, exortassem aquelas partes que ainda não o fizeram a ratificá-lo, em momento oportuno e adequado.

COP 9 - Ocorreu de 01 a 12 de dezembro de 2003, em Milão (Itália). O objetivo principal do evento era consolidar o Protocolo de Kyoto, o que seria um pequeno passo adiante nas tentativas de deter as mudanças climáticas e suas conseqüências, mas não foi possível a ratificação do Protocolo, pois a Rússia não aceitou ratificar o mesmo. Nesta convenção foram tomadas decisões importantes como a definição dos projetos de florestamento, considerados como sumidouros de Carbono. Fora feito o convite para que as Partes e observadores credenciados apresentassem sugestões de modalidades e procedimentos simplificados para facilitar a implementação de projetos de florestamentos e reflorestamentos de pequena escala, a serem adotados pela COP-10, no âmbito do MDL.

Definem-se como projetos de pequena escala, aqueles que resultem em uma remoção por sumidouros de carbono de menos de 8 kilo toneladas de CO_2 por ano e tenham sido desenvolvidos

ou implementados por comunidades de baixa renda. As quantidades excedentes a 8 kilotoneladas não podem ser negociadas.

Fora aprovado também a elaboração do terceiro relatório de avaliação do Painel Intergovernamental das Alterações Climáticas (IPCC). A COP-9 foi importante por decidir que, mesmo que o Protocolo de Kyoto ainda não entre em vigor, os países vão realizar consultas multilaterais como se o Protocolo estivesse em funcionamento (AMBIENTE – CARBONO, 2005).

COP 10 – Realizada em Buenos Aires (Argentina) em dezembro de 2004, reuniu representantes de governos, organizações não-governamentais e órgãos internacionais. Durante o encontro foram debatidas ações que devem ser implantadas para colocar o Protocolo de Kyoto em prática, agora que o documento foi ratificado pela Rússia e entrou em vigor em fevereiro de 2005. Nesta COP foi decidido as modalidades e procedimentos simplificados para os projetos florestais de pequena escala.

COP 11 – Realizada em Montreal (Canadá) em dezembro de 2005, os participantes da 11ª Conferencia das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas chegaram a acordos sobre os seguintes pontos: iniciar com máxima urgencia negociações sobre uma nova etapa de metas para a redução de emissões no segundo período de compromisso do Protocolo de Kyoto (2012-2017); Iniciar imediamente a revisão e aprimoramento do Protocolo de Kyoto com um mandato sob o tratado existente, esta revisão será iniciada formalmente na 12ª Conferencia, em 2006; Desenvolver um Plano de cinco anos de ações para adaptações climáticas, a fim de ajudar os países menos desenvolvidos a enfrentar os impactos de mudanças climáticas (GREENPEACE, 2005).

3.7 PROTOCOLO DE KYOTO

Em dezembro de 1997, em Kyoto, Japão, a Conferência das Partes reuniu-se pela terceira vez (COP-3), e aprovou um protocolo, que passou a ser conhecido como "Protocolo de Kyoto".

O objetivo do Protocolo de Kyoto segundo MOTTA et al., (2000), é fixar um teto e estabelecer os compromissos assumidos pelos países desenvolvidos, no que tende à redução da emissão de gases causadores do Efeito Estufa, não controlados pelo Protocolo de Montreal[3], para o período posterior ao ano 2000 e também introduzir a possibilidade de criação de mecanismos de mercados baseados no comércio das emissões.

O protocolo de Kyoto possui dois anexos. No Anexo A, estão definidos os seis gases do efeito estufa que devem ser controlados, os setores e categorias de fontes. No Anexo B, estão definidas as Partes que possuem compromissos de limitação ou redução de emissões, (conforme anexo A e B).

O Artigo 3.1 do Protocolo de Kyoto afirma que os países desenvolvidos que fazem parte do Anexo A, o qual inclui 40 países desenvolvidos e em transição para economias de mercado, terão que reduzir suas emissões de seis gases conhecidos como "gases de efeito estufa" (GEE), chegando a uma média de 5.2% abaixo das emissões de 1990, entre os anos 2008-2012, denominado como o "primeiro período de compromisso".

O Artigo 18 do Protocolo de Kyoto prevê que a Conferência das Partes deverá aprovar meios para lidar com os casos de não cumprimento das metas assumidas, inclusive desenvolvendo listas indicando possíveis conseqüências, levando em conta a causa, tipo, grau e freqüência do não cumprimento (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2004c).

---

[3] O protocolo de Montreal trata de substancias que destroem a camada de ozônio. Foi adotado em 16 de setembro de 1987 e as substancias controladas por este Protocolo são: CFC, Halogênio, (Brometo, cloreto e Iodeto) Tetraclorometano, HCFC, HBFC, Brometo de Metila e metilcloroformio.

Não há compromisso de redução de GEE dos países em desenvolvimento que não pertencem ao Anexo A, mas apenas o de auxiliar os países do Anexo A a atingirem as suas metas de redução. Este instrumento reafirma o princípio da responsabilidade comum, mas diferenciada, exonerando os países em desenvolvimento de qualquer obrigação de reduzir suas emissões, em razão das suas necessidades de desenvolvimento econômico e social, conforme disposto no artigo 10 do Protocolo de Kyoto. A adoção de metas aos países em desenvolvimento seria um retrocesso ao Protocolo de Kyoto, visto que estes países estariam assumindo compromissos e gastos, contrariando os Artigos 10 e 11. Entretanto, para o benefício do sistema climático global, faz-se necessária a adoção de compromissos dos países em desenvolvimento, levando em conta um sistema de eqüidade das emissões entre países (MUYLAERT, 2000).

A maior inovação do Protocolo consiste na possibilidade de se adotar mecanismos de flexibilidade, para que objetivo de mitigar o efeito estufa possa ser alcançado e que as medidas para a redução das emissões de gases poluidores sejam atingidas de maneira eficiente do ponto de vista do custo de cada país, sem comprometer a meta ambiental em questão. Esses mecanismos se baseiam no conceito de mercados ambientais e na cooperação internacional (MOREIRA et al,. 2000; BRASIL, 2002).

Os países que constam no documento do Anexo A, poderão cumprir parte de suas metas de redução através de três mecanismos de flexibilização estabelecidos pelo Protocolo de Kyoto e que estão descritos a seguir:

– Execução Conjunta (*JI – Joint Implementation*): aplicável somente entre países industrializados do Anexo A, regulado pelo artigo 6 do Protocolo. É a possibilidade de países do Anexo I receberem unidades de emissão reduzida quando ajudarem a desenvolver projetos em outros países do Anexo A, que levem à redução de GEE, nos quais ambos possam se beneficiar com tais reduções;

– Comércio de Emissões (*ET – Emissions Trading*): aplicável somente entre países do Anexo A, regulado pelo artigo 17 do Protocolo. É a moldura principal de todo o sistema de

reduções proposto em Kyoto. É baseado na eficiência dos mercados como elemento de políticas ambientais. Trata-se de políticas baseadas em mercados de lideranças negociáveis para poluir. Esse mecanismo permite aos países do Anexo A negociarem entre si as quotas de emissão acordadas em Kyoto;

– Mecanismo do Desenvolvimento Limpo - MDL (*CDM – Clean* D*evelopment Mechanism*); aplicável entre países do Anexo B (em desenvolvimento), regulado pelo Artigo 12 do Protocolo. Consiste em financiamento de políticas, por parte dos países industrializados, para controle de emissões de GEE em países de Terceiro Mundo, capacitando-os a receber créditos por assim fazerem, como forma de cumprir parte de seus compromissos.

Estes mecanismos compõem o âmago da proposta do Protocolo de Kyoto para mitigar os problemas do aquecimento global. Eles visam servir de escopo básico para a formação de um mercado internacional de quotas de GEE, com a participação conjunta de todos os países signatários do Protocolo por meio do *International Trading Quotas* (ITQ) ou do MDL (BRASIL, 2002).

O Protocolo de Kyoto é o começo de uma negociação, consenso internacional do que pode ser feito para reduzir as emissões e como isto pode ser implementado. O reconhecimento e a ratificação do Protocolo de Kyoto é um pequeno passo, mas essencial, no sentido de estabilizar as concentrações de GEE na atmosfera.

O Protocolo de Kyoto foi aberto para assinatura em 16 de março de 1998. Entrará em vigor 90 dias após a sua ratificação por pelo menos 55 Partes da Convenção, incluindo os países desenvolvidos que contabilizaram 55% das emissões totais de dióxido de carbono em 1990, desse grupo de países industrializados (CAMPOS, 2001; ROCHA, 2003a).

3.8 O MECANISMO DO DESENVOLVIMENTO LIMPO

O mecanismo de desenvolvimento limpo surgiu de uma proposta brasileira aos outros países. O Brasil, em conjunto com os Estados Unidos, liderou o processo de negociação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) ou CDM (Clean Development Mechanism), sendo o mesmo regulamentado através do Protocolo de Kyoto no Japão em 1997.

Esta proposta consistia na criação de um Fundo de Desenvolvimento Limpo (FDL) que seria formado por meio de contribuições dos países desenvolvidos que não cumprissem suas metas de redução. Em Kyoto, a idéia do Fundo foi transformada, estabelecendo o MDL.

A proposta do MDL consiste em que cada tonelada de CO_2 deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial, criando um novo atrativo para redução das emissões globais. Os países do Anexo A estabelecerão em seus territórios metas para redução de CO_2, junto aos principais emissores.

O MDL e as condições básicas a serem seguidas para qualificar projetos para gerar reduções certificadas de emissão, estão definidos no Artigo 12 do Protocolo de Kyoto. Ao estabelecer as metas, o Protocolo divide os países em Anexo A (desenvolvidos) e no Anexo B (em desenvolvimento).

O MDL tem como objetivo diminuir os custos globais de redução de emissões de GEE e, ao mesmo tempo, apoiar iniciativas que promovam o desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento, conforme o demonstram os Artigos 12.2 e 12.3 do Protocolo de Kyoto:

Artigo 12.2 - O objetivo do MDL deve ser assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3;

Artigo l2. 3 – Sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo:

(a) As Partes não incluídas no Anexo I beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em reduções certificadas de emissões;

(b) As Partes não incluídas no Anexo I podem utilizar as reduções certificadas de emissões, resultantes de tais atividades de projetos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

Serão estabelecidas metas de redução de CO_2, junto aos principais emissores. As empresas que não conseguirem, ou não desejarem reduzir suas emissões, poderão comprar Certificados de Redução de Emissões (CREs) em países em desenvolvimento e usá-los para cumprir suas metas. Tais projetos devem implicar reduções de missões adicionais àquelas que ocorreriam na ausência do projeto, garantindo benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo para a mitigação da mudança do clima.

O MDL tem especial importância para os países em desenvolvimento, visto que é o único mecanismo determinado pelo Protocolo de Kyoto que permite a participação voluntária dos países em desenvolvimento (MOTTA et al., 2000).

3.8.1 Estrutura instituicional

Artigo 12.4 do Protocolo de Kyoto:

O MDL deve sujeitar-se à autoridade e orientação da Conferência das Partes, na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo e à supervisão de um conselho executivo do MDL.

As atividades do Projeto do MDL, bem como as reduções de emissões de gases de efeito estufa e/ou aumento de remoção de CO_2 deverão ser submetidas a um processo de aferição e

verificação, por meio de instituições e procedimentos estabelecidos na COP-7. Dentre as instituições relacionadas ao MDL, destacam-se aquelas a seguir indicada:

3.8.1.1 Conselho executivo do MDL

Supervisiona o funcionamento do MDL. Suas responsabilidades são:

- Credenciamento das Entidades Operacionais Designadas;
- Registro das atividades de projeto do MDL;
- Emissão das CREs;
- Desenvolvimento e operação do registro do MDL;
- Estabelecimento e aperfeiçoamento de metodologias para definição da linha de base, monitoramento e fugas (ROCHA, 2004b).

3.8.1.2 Autoridade nacional designada

Governos de países participantes de uma atividade de projeto do MDL devem designar junto à CQNUMC uma Autoridade Nacional para o MDL. A autoridade Nacional Designada (AND) atesta que a participação dos países é voluntária e, no caso do país onde são implementadas as atividades de projeto, que ditas atividades contribuam para o desenvolvimento sustentável do país, a quem cabe decidir, de forma soberana, se este objetivo do MDL está sendo cumprido. As atividades de projetos do MDL devem ser aprovadas pela AND (ROCHA, 2004b).

3.8.1.3 Entidades operacionais designadas

Segundo Rocha (2004b), são entidades nacionais ou internacionais credenciadas pelo Conselho Executivo e designadas pela COP/MOP, a qual ratificará ou não o credenciamento feito

pelo Conselho Executivo. As responsabilidades das Entidades Operacionais Designadas – EODs consistem em:

– Validar as atividades de MDL propostas;

– Verificar e certificar as reduções em emissões antropogências de fontes de gases estufa;

– Conduzir inspeções locais;

– Verificar se a documentação do projeto está de acordo com o requerido e estabelecido pela COP;

– Revisar os resultados do monitoramento, verificando a metodologia dos mesmos;

– Recomendar modificações no monitoramento do projeto, caso haja necessidade;

– Fornecer relatório a respeito do projeto de MDL, destinando uma cópia aos participantes do projeto, uma cópia às Partes envolvidas e outra cópia ao Comitê Executivo. O mesmo relatório deve ser disponibilizado ao público;

– Submeter um relatório anual ao Comitê Executivo.

3.8.2 Ciclo de um projeto de MDL

Para haver comercialização dos créditos de carbono de um projeto de MDL, este deve oferecer benefícios de longo prazo, reais e mensuráveis, com o propósito de redução das emissões de GEE, além de apresentar um desenvolvimento sustentável em seu processo.

Para tanto, é necessário que este projeto passe por uma série de etapas, denominadas ciclo do projeto. O ciclo de um projeto de MDL é constituído de 5 etapas, desde a apresentação do projeto ao Comitê Executivo até a emissão dos certificados, feita também pelo Comitê Executivo. O ciclo de um projeto de MDL é descrito nas linhas seguintes.

O projeto, ao candidatar-se à participação no MDL, é apresentado ao Comitê Executivo, que por sua vez designa uma Entidade Operacional para estudar os moldes do projeto. Se estes

estiverem de acordo com o conjunto de regras da COP, o projeto passa pelas etapas de validação e registro. Há a participação de uma autoridade nacional designada, cuja função, dentre outras, é a de aprovação do projeto para participação no MDL.

O monitoramento é a etapa seguinte, sendo feito pelos participantes do projeto sob a orientação do Comitê Executivo.

A verificação e certificação do projeto são feitas pela Entidade Operacional, desde que os participantes do projeto tenham feito o monitoramento e desde que o monitoramento tenha seguido as regras acordadas entre os participantes do projeto e a Entidade Operacional.

Após as etapas de verificação e certificação, é feita a emissão do certificado pelo Comitê Executivo. Isto, somente após a Entidade Operacional certificar por escrito para o Comitê de que o projeto foi devidamente monitorado e contribuiu para a redução de emissões dos gases de efeito estufa, conforme o esperado (ROCHA, 2003b).

3.8.3 As atividades de LULUCF

As atividades de Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas (Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF) chamadas por muitos de sumidouros ("sinks"), sempre foram motivos para controvérsias dentro do processo de negociação da Convenção do Clima. O fracasso da COP 6 pode ser explicado, em parte, pela divergência existente entre vários países quanto à utilização de tais atividades para atingir as metas de redução de emissões de GEE.

Com o objetivo de solucionar os impasses criados dentro deste tema, na COP 7 as Partes acordaram que os projetos de seqüestro de carbono relacionados à LULUCF devem seguir alguns princípios básicos:

– O teor destas atividades deve ser baseado em conhecido sólido, científico;

– Devem ser usadas metodologias consistentes ao longo do tempo para determinação das estimativas (seqüestro de Carbono) e do monitoramento das atividades de LULUCF;

– A meta determinada no Artigo 3.1 do Protocolo de Kyoto não deve ser alterada pela contabilização das atividades de LULUCF;

– A mera presença de estoques de carbono deve ser excluída da contabilidade;

– A implementação de atividades de LULUCF deve contribuir para a conservação da biodiversidade e para o uso sustentável dos recursos naturais;

– A contabilização das atividades de LULUCF não implica na transferência de compromissos para períodos futuros;

– A reversão das atividades de LULUCF deve ser contabilizada em um determinado período de tempo;

– A contabilização exclui a remoção (seqüestro) proveniente de concentrações elevadas de CO_2 acima de seu nível pré-industrial, deposição indireta de Nitrogênio e dos efeitos dinâmicos resultantes do crescimento decorrente de atividades e práticas anteriores do ano de referência.

As atividades LULUCF podem ser empregadas somente em terras que, desde 31 de dezembro de 1989, sejam pastagens ou terras abandonadas, sem a presença de florestas. Essa barreira surgiu para que se evitasse o desmatamento de áreas para o emprego de reflorestamento e, posteriormente, a participação dentro do MDL (ROCHA, 2003a).

3.8.3.1 Projetos de LULUCF no Brasil

Os projetos que se enquadram nas atividades de LULUCF no Brasil são descritos a seguir.

CSW – Utilities em Guaraqueçaba – PR: a Central and South West Corporation (CSW) investiu US$ 5,4 milhões na conservação e preservação de 7.000 ha de mata atlântica no Paraná. Participaram dessa iniciativa The Nature Conservancy (TNC) e a Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem (SPVS). “O projeto de Ação Contra o Aquecimento Global, implantado pela SPVS em Guaraqueçaba, prevê a proteção e o gerenciamento de cerca de 7 mil hectares de Floresta

Atlântica, além de promover a recuperação de áreas desmatadas e gerar oportunidades de desenvolvimento econômico, compatíveis com o meio ambiente, para as comunidades vizinhas. Na área será desenvolvido um projeto experimental para estabelecer e testar metodologias de mensuração dos gases de efeito estufa, especialmente dióxido de carbono (CO_2).

O trabalho visa diminuir a ameaça do aquecimento global e contribuir com subsídios técnicos na avaliação de futuros projetos de combate à emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. É a primeira experiência de mensuração de carbono realizada na Floresta Atlântica. (AMBIENTE BRASIL, 2005a).

A sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental - SPVS, também vêm desenvolvendo o Projeto de Restauração da Mata Atlântica, na Reserva Natural Morro Azul, localizada ao longo da bacia do Rio Cachoeira, município de Antonina. Foi iniciado em 2001 e têm como meta a recuperação de l2 mil hectares de área degradada, tendo um investimento de US$ 10 milhões.

Outro projeto que está sendo desenvolvido é o Projeto Piloto de Reflorestamento em Antonina - litoral do Paraná iniciado em 2001, tem como meta recuperar 1000 hectares de área degradada incorporados à Reserva Morro da Mina, com um investimento de US$ 3 milhões. Tem como objetivo a recuperação, a proteção vitalícia e a manutenção do abastecimento de água para cidade (SPVS, 2005).

Ilha do Bananal – o projeto é financiado pela Fundação Inglesa AES *Barry Foundation,* com o envolvimento de instituições públicas, empresas privadas e ONGs, sendo o principal objetivo do Projeto de Seqüestro de Carbono da Ilha do Bananal e seu Entorno (PSCIB) desenvolver e implementar um sistema inovador, eqüitativo e sustentável para equilibrar as emissões dos gases causadores do efeito estufa através do Seqüestro de Carbono, compatível com as realidades sociais e ambientais da região da Ilha do Bananal.

O seu desenvolvimento está previsto para um período de 25 anos, incluindo os municípios de Caseara, Lagoa da Confusão, Cristalândia, Pium e Dueré. Ao término do período

pré-estabelecido, estima-se que sejam seqüestrados e garantidos a preservação e estoque de carbono na ordem de 25.110.000 t/C em 25 anos (AMBIENTE BRASIL, 2005b).

Projeto Corumbataí – Esse projeto prevê a utilização do MDL, como uma fonte de recursos para a recuperação dos fragmentos florestais e reflorestamento de áreas degradadas. Propõe-se a recuperação da mata ciliar na Bacia do Corumbataí, abrangendo uma área total de 28.750 ha, com o potencial seqüestro de 1.838.000 t/C (MANFRINATO E VIANA, 1999).

Plantar – Minas Gerais (Curvelo, Itacambira e Sete Lagoas): o projeto tem como objetivo a substituição do carvão mineral pelo carvão vegetal na produção de ferro-gusa, através do plantio de florestas de eucalipto ambientalmente sustentável e certificadas, para fornecimento da matéria-prima, evitando desta forma a emissão (consumo de carvão mineral) de 2.ll7.381 toneladas de carbono e seqüestrar 953.100 toneladas de carbono durante um período de 21 anos. Este projeto envolverá US$ 35 milhões em investimentos.

O projeto Plantar foi aceito pelo PCF (Prototype Carbon Fund) e deverá vender para o fundo do Banco Mundial apenas os créditos oriundos da substituição de carvão mineral por carvão vegetal (AMBIENTE BRASIL, 2005b).

Peugeot – Mato Grosso: a empresa automotiva francesa investiu US$ l5 milhões num projeto de recuperação florestal, em Jurema, no Mato Grosso, visando o seqüestro de carbono atmosférico, porém sem o objetivo de comercialização de CREs.

Esse projeto deverá abranger uma área de 10 mil hectares e terá a capacidade de armazenar cerca de dois milhões de toneladas de carbono. Para tanto se estima que serão plantadas cerca de 10 milhões de árvores (MENCONI, 2001).

As florestas mantêm a reciclagem de nutrientes e aumenta a fertilidade do solo através da produção de húmus.

3.8.4 Florestas e o seqüestro de carbono

As florestas em crescimento absorverem o CO_2 da atmosfera, é um processo natural conhecido, armazenando carbono em sua biomassa através da fotossíntese, formando grandes reservatórios de carbono.

Este processo está sendo considerado uma importante alternativa para o combate ao efeito estufa, diminuindo as concentrações de GEE com o aflorestamento, com enriquecimento florestal ou reflorestamento.

Uma das funções ambientais das florestas é a de absorver carbono, diminuindo as concentrações atmosféricas de CO_2, conhecida como seqüestro de carbono, passou a agregar um valor de mercado no uso das florestas, além de outros serviços ambientais importantes, como proteção do solo e aqüíferos, da manutenção do micro-clima, biodiversidade etc.

Ao contrário destas funções ambientais, o mercado de carbono tem se mostrado apto por pagar pela absorção do carbono pelas florestas, pois elas constituem o maior reservatório de carbono de todos os ecossistemas terrestres e, funcionam em muitos casos como sumidouros.

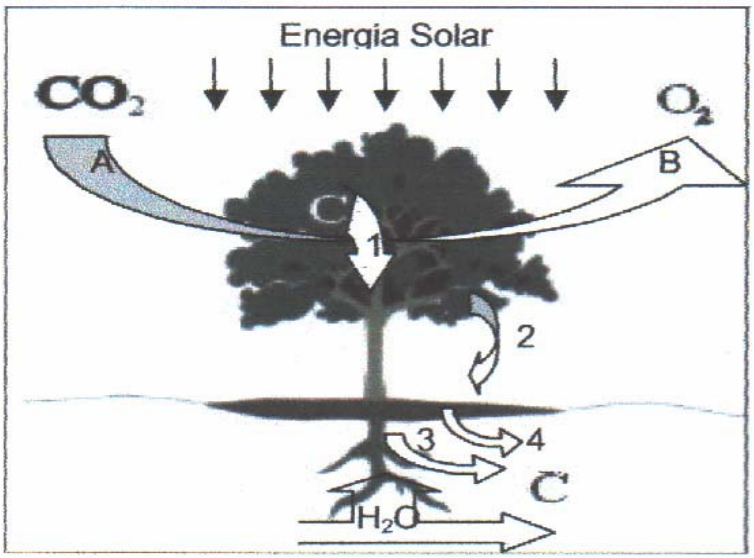
No caso das florestas, as árvores acumulam a energia solar e o carbono da atmosfera, combinando-os com água e outros nutrientes na forma de madeira, folhas e raízes. A água e a maioria dos nutrientes são absorvidos diretamente da atmosfera. Com o dióxido de carbono é diferente, ele é absorvido diretamente da atmosfera como dióxido de carbono através dos estômatos das folhas e caules. Assim, a planta acumula massa de cima para baixo, liberando oxigênio. Durante a ausência da luz solar, as plantas não realizam mais fotossíntese e passam a realizar a respiração (RAVEN et al., 1996).

A Figura 4 vem ilustrar como ocorre o processo da fotossíntese numa árvore, onde o carbono é acumulado na biomassa (fluxo 1), desassimilando o O_2 (fluxo B), proveniente do CO_2 (fluxo A).

Parte do carbono retido na biomassa é transferida para o solo pela decomposição da matéria orgânica morta, como a serrapilheira e raízes mortas (fluxo, 2 3 e 4). Assim, o carbono é armazenado (seqüestrado) em dois reservatórios principais, a biomassa viva (acima e abaixo do solo) e o solo.

O processo oposto à absorção é a liberação do carbono dos solos e da biomassa através da mudança no uso da terra, queimadas, respiração e decomposição.

Figura 4 – Processo de fotossíntese nas árvores



Fonte: Campos, 2001

As taxas iniciais de crescimento dos estoques de carbono em vegetação secundária podem ser grandes, mas a taxa diminui cerca de 20 anos depois do início do crescimento. Na sucessão natural, isto pode levar séculos antes dos estoques de carbono alcançarem 150-250/tC ha da floresta madura (KOSKELA et al., 2000).

O estoque de carbono da vegetação é afetado pela conversão de florestas para plantações e outros usos do solo, pois contêm muito menos carbono do que florestas maduras, porém o carbono do solo não é muito afetado pela mudança da vegetação.

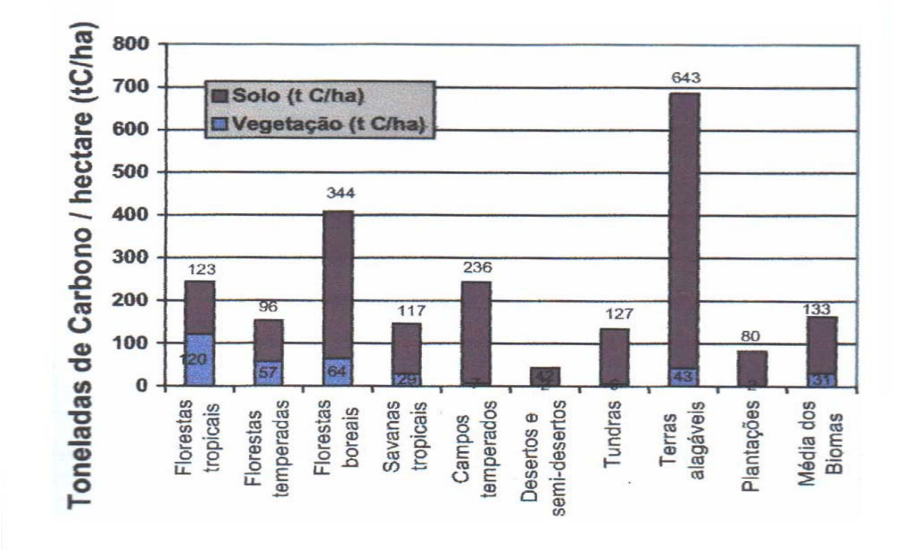
A reabilitação de florestas secundárias pode ser um dos meios mais efetivos de absorver carbono atmosférico, enquanto preservar florestas naturais é um dos meios de reduzir emissões de gases de efeito estufa (KOSKELA et al., 2000).

Ao estudar grandes áreas da superfície terrestre, vê-se que a fotossíntese e a respiração não ocorrem, necessariamente, nas mesmas taxas. Nas regiões temperadas, no hemisfério norte, a fotossíntese das florestas boreais supera a respiração durante a primavera e verão, pois os dias são maiores que as noites. Durante estas estações, a concentração de dióxido de carbono diminui um pouco. Porém, a respiração supera a fotossíntese durante o outono e o inverno, e a concentração de dióxido de carbono aumenta significativamente (MOREIRA E SCHWARTZMAN, 2000).

Diferentes biomas apresentam diferentes taxas de crescimento, absorção e estoques de carbono, tanto acima quanto abaixo do solo. Os estoques de carbono são maiores nos solos do que nas vegetações, particularmente em ecossistemas não florestais das médias e altas altitudes. As incertezas nos estoques abaixo do solo são ainda maiores que as incertezas nos estoques acima do solo, devido à dificuldade de se medir esta biomassa.

As florestas tropicais estocam muito mais carbono, por hectare na vegetação, na biomassa acima do solo (120 tC/ha), do que as florestas boreais (64 tC/ha), porém o quadro se inverte quando se estuda o carbono orgânico do solo. As florestas boreais têm muito mais carbono orgânico por hectare no solo (344 tC/ha) do que as florestas tropicais (123 tC/ha) (Gráfico 4). Isto faz com que as florestas boreais tenham mais carbono estocado em menor áreas florestais e devido as baixas temperaturas combinadas, geralmente com a umidade excessiva, produzem baixas taxas de decomposição. Matéria orgânica e turfa tendem a se acumular nos solos florestais do hemisfério norte.

Gráfico 4 – Quantidade de carbono por hectare nos diversos biomas



Fonte: Campos (2001)

Teoricamente, florestas maduras tropicais, temperadas ou boreais, não devem ser sumidouros de carbono uma vez que, cerca da mesma quantidade de carbono que é fixado na fotossíntese, é liberada por micróbios e pela respiração das plantas e animais no ecossistema florestal. Sendo assim, seu crescimento líquido anual tende a ser nulo. A importância principal dessas florestas para o efeito estufa, é que elas constituem um enorme estoque imobilizado de Carbono (MENCONI, 2001).

O plantio de árvore remove CO_2 da atmosfera à medida que a vegetação cresce. Este processo é chamado de "seqüestro de Carbono". A floresta em crescimento absorve mais gás carbônico do que elimina, funcionando como esponja natural para absorver o gás emitido pelos escapamentos dos carros, pelas usinas geradoras de energia elétrica e pelas queimadas. Este processo está sendo considerado uma importante alternativa para o combate ao efeito estufa, diminuindo as concentrações de GEE, através do aflorestamento, enriquecimento florestal ou reflorestamento.

Na reunião realizada em Bonn, em julho de 2001, participantes decidiram que o florestamento e reflorestamento serão as únicas atividades implantadas em pequena ou grande

escala, podendo fazer uso de diferentes espécies, envolvendo áreas florestais ou sistemas agrícolas, podendo também ser em escala industrial.

Nesse campo chamado de seqüestro de Carbono, os principais planos consistem no replantio de florestas que, ao crescerem e durante o processo químico da fotossíntese, absorvem CO_2 do ar (RODRIGUES, 2003; MENCONI, 2001), amenizando desta forma o efeito estufa.

De acordo com (HOSOKAWA et al., 1998), o plantio de florestas apresenta-se eficiente no seqüestro de carbono em virtude de várias razões, tais como:

– Sendo provavelmente o procedimento de menor custo;

– Permite monitoramento e otimização da produtividade na assimilação do CO_2;

– Apresenta-se como um processo de ciclagem bioenergético, não apresentando efeitos colaterais;

– Demonstra ser um mecanismo significativo de reversão da entropia positiva que a natureza nos concede;

– Possibilita o armazenamento de CO_2 e, ao mesmo tempo, permite a produção de benefícios diretos, desde que se implante uma base florestal de estocagem e produção contínua.

É imenso o reflorestamento necessário para estabilizar a concentração atual de CO_2 na atmosfera. O plantio de 60 milhões de hectares de áreas florestais por ano, durante 10 anos pode absorver 2,9x10 t/ano de C, que corresponde ao incremento líquido anual de CO_2 de todas as fontes. O valor anual plantado hoje, em todo mundo corresponde aproximadamente 1,8 milhões de hectares. O plantio de 2 milhões de hectares/ano, nos próximos 30 anos, representará o seqüestro de 10% do aumento líquido anual de CO_2 (GALVÃO, 2000).

As florestas são importantes para o equilíbrio do estoque de carbono global, pois armazenam, dentro de suas árvores e no solo, mais carbono do que existe atualmente na atmosfera. A quantidade total de carbono armazenada nas florestas no mundo está estimada em l.l46 Gt C (47% dos estoques totais de carbono) nos solos e vegetação.

No Brasil, as oportunidades florestais (grande extensão territorial, custo da terra relativamente baixo) e os climas são ideais para plantações silvícolas, oferecendo desta maneira enormes potenciais para seqüestro de Carbono (MOTTA et al., 2000).

Além da absorção de carbono, as florestas desempenham um papel importante na economia brasileira, gerando produtos para consumo direto ou para exportação, como frutos, mel, remédios, plantas medicinais, materiais para construção e renda, entre outros, sendo produtos úteis ao homem, gerando impostos e emprego para a população (LADEIRA, 2002; ABIOLA, 1997).

3.8.5 O custo das reduções de emissões e o valor de mercado do carbono

Créditos de Carbono são certificados que autorizam o direito de poluir. O princípio é simples. As agências de proteção ambiental reguladoras emitem certificados autorizando emissões de toneladas de dióxido de enxofre, monóxido de carbono e outros gases poluentes. As empresas recebem bônus negociáveis na proporção de suas responsabilidades. Cada bônus, cotado em US$, equivale a uma tonelada de poluentes. Quem não cumpre as metas de redução progressiva estabelecidas por lei, tem que comprar certificados das empresas bem sucedidas. O sistema tem a vantagem de permitir que cada empresa estabeleça seu próprio ritmo de adequação às leis ambientais. Estes certificados podem ser comercializados através das Bolsas de Valores e de Mercadorias.

Os créditos de carbono já estão sendo comercializados com antecedência no mercado, mesmo que ainda não haja uma regulamentação de preços. Cada tonelada de carbono vale US$ 3,00 a US$ 5, 00, segundo PNUD (IMOVEIS VIRTUAIS, 2005).

O valor pago pela tonelada de carbono para projetos florestais de MDL varia entre US$ 4,00 e US$ 7,00 por tonelada fixada (SCARPINELLA, 2002).

Segundo Ellerman; Jacoby; Decaux (1998), “no Japão os custos de abatimento das emissões de GEE podem chegar US$ 186,00 e na Comunidade Européia US$ 273,00. Os valores

observados podem fazer com que projetos de abatimento em outros países se tornem mais interessantes, ou seja, menos onerosos".

Dixon (1991 apud REZENDE 2000) estimaram os custos operacionais de projetos de seqüestro de carbono, através de reflorestamento, na ordem de US$ 1 a US$ 30 tC e no mercado, Moura-Costa (1998 apud ROCHA, 2002), estima o preço da tonelada de CO_2 em US$ 12 ou aproximadamente US$ 4 por tonelada de carbono.

Uma das formas mais eficientes, para seqüestrar o excesso de CO_2 é o desenvolvimento de plantaçoes florestais de crescimento rápido. Devido ao rápido crescimento das árvores nos trópicos, um hectare desta floresta seqüestra muito mais CO_2 do que um hectare de floresta temperada, conforme pode ser visualizado na Tabela 09. O carbono é utilizado para formar a parte lenhosa e quanto mais rápido o crescimento, maior a absorção de CO_2. As colheitas (rotações) de Pinus no Brasil podem ser realizadas a acada 15 ou 20 anos, com extração da madeira na forma de desbastes apartir do 8° ano. Isto significa um crescimento de 5 a 10 vezes mais rápido, e em alguns casos, de 20 vezes, quando comparado as florestas equivalentes na América do Norte ou Europa. Esta enorme capacidade de formação de florestas pode se tornar acessível à sociedade internacional, a fim de contribuir para a redução do corrente estoque de CO_2 acumulado na atmosfera da terra.

Tabela 9 – Competitividade florestal incremento e seqüestro de CO_2

País	IMA (m^3/ha/ano)	Seqüestro Equivalente tCO_2/ha/ano
Folhosas		
Suécia	05,5	05,0
U.S.A. – Sudeste	15,0	13,0
Portugal	12,0	10,9
África do Sul	18,0	16,4
Brasil	29,0 – 45,0	26,4 – 40,9
Coníferas		
Suécia	03,5	03,2
Canadá – Interior	02,5	02,3
U.S.A. – Sudeste	10,0	09,1
Chile	22,0	20,1
Nova Zelândia	22,0	20,0
Brasil	28,0 – 29,0	25,5 – 26,4

Fonte: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (2003).

Dados obtidos através de trabalhos técnicos citam que existe uma variação no custo de absorção de CO_2. Estas variações estão associadas a diversos fatores como: diferenças climáticas regionais, variações existentes na qualidade do solo, diferenças no manejo, tempo para corte e tecnologias utilizadas pelas empresas, diferenças administrativas das empresas e diferenças de metodologia de aferição dos dados tabulados.

Sem levar em consideração o custo da terra e os custos financeiros, os plantios florestais no Brasil com *Pinus* spp, podem armazenar carbono com um investimento médio de US$ 2,04tCO_2 conforme pode ser visualizado na Tabela 10 (FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003).

Tabela 10 – Reflorestamento no Brasil

Região Empresa	Área/plantada (1000 ha)	Custo de florestamento-Pinus spp.		IMA	Volume	Custo – Pinus spp.	
		Rotação	US$/ha			US$($m^3$)	US$/$tCO_2$*
Sul							
Igaras	40	21	558	29	209	0,92	1,01
Klabin	117	20	1468	28	550	2,62	2,89
Sudeste							
Duratex	60	25	1420	28	700	2,03	2,23

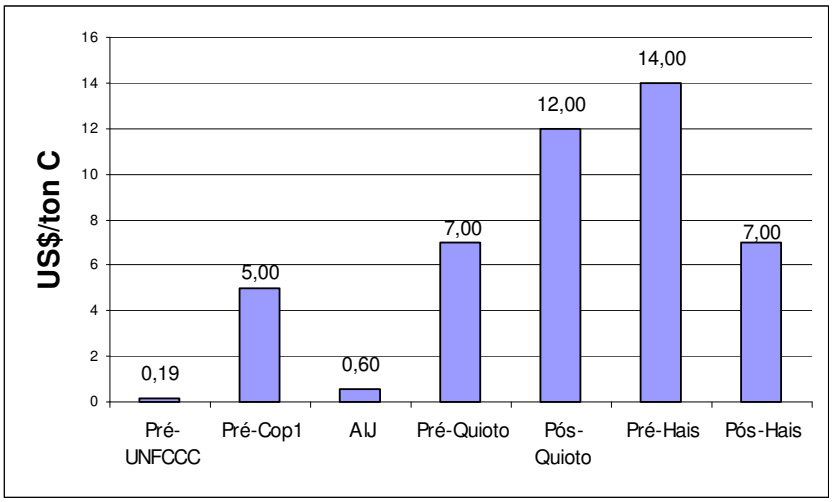
Fonte: Adaptada – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (2003)

- Inclui custos de monitoramento do carbono

As transações de créditos de carbono já se aproximam de US$ 1 bilhão por ano, o que permite estimar que, em 2007, o valor de mercado global desses créditos chegue a US$ 13 bilhões. O Brasil tem uma vantagem competitiva, enquanto o mundo tem hoje apenas 14% de energia renovável e os países desenvolvidos apresentam somente 6% dela, o Brasil tem 40% de sua energia com capacidade de renovação.

Segundo dados do Banco Mundial, o mercado mundial de créditos de carbono foi de US$ 32 milhões, com crescimento de 250% sobre o ano de 2003. Em 2004, de janeiro a maio, foram movimentados US$ 260 milhões nesse mercado. A estimativa é de que esse mercado, no Brasil, chegue de US$ 2 bilhões a US$ 3 bilhões, em prazo relativamente curto (BOLSA DE MERCADORIAS & FUTUROS 2005). No Gráfico 5 pode-se acompanhar a evolução dos preços da tonelada de carbono.

Gráfico 5 – Evolução do preço pago por tonelada de carbono



Fonte: Moura e Costa, 1998.

Segundo Rocha (2004b), "várias empresas já estão em busca de '*early credits*', ou seja, créditos de projetos já em andamento".

3.8.6 Estimativa de carbono orgânico em algumas tipologias florestais

Florestas nativas - Na floresta nativa específica da Região Amazônica, os valores encontrados indicam que o máximo de carbono correspondente será igual ao das florestas densas, de forma genérica, uma média de 380 tC/ha, considerando a biomassa viva acima e abaixo do solo.

Em regeneração de áreas degradadas, com formação de florestas nativas por plantio ou por regeneração natural, o estoque final de carbono é alcançado após algumas décadas, sendo o armazenamento anual da ordem de 8 a 10 tC/ha, dependendo do solo e das condições climáticas (FBDS, 2003).

Mata Atlântica – De acordo com Tanizadi (2000 p. 91 apud CAMPOS), uma floresta do domínio da Mata Atlântica com 40 anos de idade tem 100 tC/ha na parte aérea, enquanto uma floresta com 70 anos de idade, tem 200 tC/ha na parte aérea com taxas de incorporação de biomassa variando entre 1,5 – 4,7 t C/ha/ano.

Florestas Remanescentes – Segundo Campos (2001 apud CVR, 1994 p. 90), no Estado de Minas Gerais cerca de 50% das florestas remanescentes são constituídas por cerradão e pela caatinga arbórea. As áreas em regeneração natural com diferentes idades armazenam, em média 19,9 tC/ha na parte aérea e de 4 tC/ha no sistema radicular.

Para o Estado do Espírito Santo, com a floresta degradada, o armazenamento atual de carbono é aproximadamente 26,2 tC/ha na parte aérea e 5,8 tC/ha nas raízes. Estima-se que as florestas com maior rendimento, nos Estados de Minas e Espírito Santo, possam armazenar aproximadamente 54,7 tC/ha na parte aérea e 10,9 tC/ha nas raízes.

Florestas de Manguezais – Baseados em recente estudo de FONSECA et al. (2003), em projeto financiado pelo Fundo Nacional do Meio Ambiente e pela Embaixada dos Países Baixos em uma área do entorno do sistema lagunar Itaipu – Piratininga, Niterói – RJ, foi estimado um

total de 152,19 tC/ha de biomassa (peso seco), armazenando 76,09 tC/ha conforme demonstrado na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores de densidade, biomasssa e carbono armazenado em *Avicennia shaueriana, Laguncularia racemosa e Rhizophora mangle*

Espécie	Densidade (ind/ha)	Biomassa (ton/ha) (peso seco)	Carbono (ton/ha)
Avidennia shaueriana	2971	119,58	59,79
Laguncularia racemosa	3271	31,43	15,72
Rhizophora mangle	57	1,18	0,59
Total	-	152,19	76,09

Fonte: Fonseca (2005)

A quantidade de carbono armazenado no manguezal de Laguna de Itaipu, Niterói, RJ foi de 76,09 tC/ha. Segundo o projeto, pode-se constatar que o estoque de carbono armazenado nos manguezais é menor do que nas áreas de floresta de terra firme (111,65 tC/ha) e de floresta alagável (98,58 tC/ha). Entretanto, verificou-se que o estoque de carbono no mangue de Itaipu é maior do que o encontrado no cerrado (31,46 tC/ha) e para campos de várzea (6,84 tC/ha) (FONSECA et al. 2005).

Seringueira – O estudo foi realizado no município de Oratórios, Estado de Minas Gerais, com seringal plantado de 15 anos. A determinação da biomassa foi realizada através do método direto e destrutivo nas seguintes partes da árvore: caule, galhos grossos, galhos finos e folhas do clone RRIM 600.

Os resultados relativos ao estoque de biomassa e de carbono orgânico, nas diferentes partes dos vegetais são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Dados médios de biomassa e quantidade de carbono orgânico (kg árvore^{-1}) estocado em diferentes partes dos vegetais do clone de seringueira RRIM 600

Estrato	Caule		Galho Grosso		Galho Fino		Folhas		Total	
	Bio-Massa	CO	Bio-massa	CO	Bio-massa	CO	Bio-massa	CO	Bio-massa	CO
Superior	30,3	13,6	119,2	53,6	79,5	35,8	22,1	9,9	251,1	113
Médio	30,5	13,7	99,3	44,7	37,6	16,9	13,4	6,0	180,8	81,4
Inferior	36,0	16,2	116,2	52,3	76,9	34,6	29,0	13,0	258,1	116,1
Total	96,8	43,5	334,7	150,6	194,0	87,3	64,5	29,0	690,0	310,5
Média	32,3	14,5	111,6	50,2	64,7	29,1	21,5	9,67	230,0	103,5
%	14%		48,5%		28%		9,5%			

Fonte; CARMO et al. 2002.

Através dos resultados, pode-se concluir que os maiores teores de carbono orgânico foram observados nos galhos grossos, com 50,2 kg/árvore^{-1}, representando 48% do carbono total da parte aérea, seguida dos galhos finos, caule, e das folhas. O carbono orgânico estocado na biomassa aérea, em média, totalizou 103,5 kg/árvore. Considerando que um hectare de seringueira tem, em média, 500 árvores, esse teor de carbono, na biomassa aérea, totalizam 51.750 kg ha^{-1} (CARMO et al., 2002).

Pinus taeda – Estudo realizado por BALBINOT et al. (2002) mostrou a quantidade de carbono orgânico armazenado na biomassa conforme Tabela 13 em um povoamento de *Pinus taeda* com 5 anos de idade, localizado no município de Cambará do Sul –RS.

Tabela 13 – Estoque de biomassa e carbono orgânico em *Pinus taeda* com 5 anos de idade

Componente	Biomassa (Mg ha^{-1})	Teor CO (%)	CO (mg ha $^{-1}$)	Porcentagem do total de carbono fixado
Acículas	6,9	47,3	3,3	17,5
Galhos	5,2	43,0	2,5	13,1
Casca	2,7	40,0	1,1	5,6
Madeira	18,4	45,7	8,4	44,8
Raízes	8,3	42,8	3,6	19,0
Total	41,5		18,8	100,0

Fonte: BALBINOT et al. 2002.

Nesta tabela pode-se verificar que é a madeira que apresenta a maior quantidade de carbono fixado por hectare, representando mais de 44% do total, devido esta representar, também, a maior parte da biomassa seca, porém o maior teor de carbono foi encontrado nas suas acículas (47,3%).

Soares et al. (2002) estimaram a quantidade de carbono presente na parte aérea das árvores de eucalipto, na região de Viçosa, Minas Gerais. Após analisar as quantidades médias de carbono constatou-se que a maior quantidade está presente no fuste sem casca (83,24%), seguido dos galhos (6,87%), da casca (6,62%) e das folhas (2,48%).

Schumacher (2003 d) realizou estimativas de carbono capturado e fixado pelas florestas do gênero Pinus de uso industrial no Brasil, para o período de 1990 a 1994, conforme demonstrado na Tabela 14.

Tabela 14 – Estimativa de carbono fixado pelas florestas do gênero Pinus

Ano	**Tronco (10^6tC)**	**Copa (10^6tC)**	**Raízes (10^6tC)**	**Soma (10^6tC)**
1990	12,52	3,13	4,38	20,03
1991	13,11	3,28	4,59	20,98
1992	13,56	3,39	4,75	21,70
1993	14,22	3,55	4,98	22,75
1994	14,42	3,60	5,05	23,07

Fonte: adaptado de Schumacher (2003d)

A análise dos dados obtidos mostra que a estimativa de carbono fixado pelas florestas plantadas do gênero *Pinus*, no período de 1990 a 1994, apresentou um saldo positivo de 3,04 milhões de toneladas de carbono. A estimativa mostra, também, que esta floresta esteve em processo de aumento de fixação de carbono no período analisado, indicando que as florestas plantadas de Pinus, para uso industrial, fixaram mais carbono do que foi colhido na forma de madeira.

Schumacher (2003d) constatou que o estoque de carbono orgânico em florestas de Pinus de diferentes idades aumenta conforme aumenta a idade da floresta.

Rochadelli (2001), ao estudar a estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamento de bracatinga (*Mimosa scabrella* B*entham*), concluiu que diferentes classes

sociais apresentam diferentes concentrações dos constituintes fundamentais e acidentais da biomassa, tanto da madeira quanto da casca na espécie estudada, sendo que a concentração de carbono varia em torno de 40 a 45% da biomassa total. Também conclui que as árvores dominadas apresentam maior eficiência na fixação atômica do carbono em detrimento das árvores dominantes.

Schumacher et al. (2002c), quantificou o carbono orgânico na biomassa de *Pinus taeda* em povoamentos de quatro idades diferentes (5, 10, 15, 20) no estado do Rio Grande do Sul. Na Tabela 15 apresenta-se o estoque de biomassa e carbono orgânico nos diferentes componentes das árvores e em diferentes idades.

Tabela 15 – Biomassa e quantidade de carbono orgânico em (Mg ha^{-1}) para as diferentes idades de *Pinus taeda*

Componentes	**05 anos**		**10anos**		**15 anos**		**20 anos**	
	Biomassa	**CO**	**Biomassa**	**CO**	**Bio-massa**	**CO**	**Bio-massa**	**CO**
Acícula	6,90	3,28	13,60	6,17	15,00	5,54	8,10	3,54
Ramos	5,10	2,45	10,10	3,78	43,10	17,11	47,70	17,69
Casca	2,60	1,06	7,70	3,26	13,60	5,46	10,90	4,12
Madeira	18,40	8,40	60,10	28,36	179,1	75,40	203,30	90,46
Raiz	8,30	3,56	15,30	6,92	26,40	11,30	37,10	17,58
Total	41,30	18,70	106,8	48,49	277,2	114,84	301,10	133,39

Fonte: Schumacher et al., (2002c)

Através dos resultados pode-se concluir que o fuste (madeira + casca), apresenta maior acúmulo de carbono entre os componentes da biomassa das árvores. Schumacher et al. (2001b) quantificou o carbono orgânico da biomassa *Acacia mearnsii* no estado do Rio Grande do Sul. Este procedimento foi realizado em povoamentos com diferentes idades, ou seja, 02, 04, 06, e 08 anos. Com base na Tabela 16 pode-se verificar o estoque de biomassa e o carbono orgânico nos diferentes componentes das árvores de *Acacia mearnsii* em diferentes idades.

Tabela 16 – Quantidade de carbono orgânico em (Mg ha^{-1}) para as diferentes idades de *Acacia mearnsii*

Componentes	02 anos	04 anos	06 anos	08 anos
Folha	1,52	1,10	3,42	1,87
Galho vivo	0,87	2,90	6,29	5,16
Galho morto	0,02	0,94	1,38	3,68
Casca	0,63	2,15	3,01	4,69
Madeira	3,22	17,13	39,63	35,70
Raiz	0,98	3,45	5,02	7,05
Total	7,23	27,67	55,75	58,15

Fonte: Schumacher (2001b)

Pode-se constatar que os incrementos nos valores de carbono apresentam uma relativa estabilização a partir dos seis anos.

MCT (2003d) realizou estimativas de carbono capturado e fixado pelas florestas do gênero Pinus de uso industrial no Brasil, para o período de 1990 a 1994. As estimativas foram realizadas separadamente para cada parte da árvore, levando em consideração o ano de cada período, conforme os resultados obtidos na Tabela 17.

Tabela 17 – Estimativa de carbono fixado pelas florestas do gênero *Pinus*

Ano	Tronco	Copa	Raízes	Soma
1990	12,52	3,13	4,38	20,03
1991	13,11	3,28	4,59	20,98
1992	13,56	3,39	4,75	21,70
1993	14,22	3,55	4,98	22,75
1994	14,42	3,60	5,05	23,07

Fonte: MCT (2003d)
Unidades em milhões de toneladas por hectar

Os resultados obtidos mostram que a diferença entre os valores totais de 1990 e 1994 iguais a 3,04 milhões de toneladas de carbono, é o valor da mudança de estoque de carbono fixado no período. A estimativa mostra também que esta floresta esteve em processo de aumento de fixação de carbono para o período analisado, indicando que as florestas plantadas de *Pinus* sp, para uso industrial fixaram mais carbono do que foi colhido na forma de madeira.

Ainda com base nesta estimativa, verifica-se que o tronco foi a parte que apresentou os maiores valores de carbono fixado, em torno de 63%, já as partes da árvore compostas pela copa e raízes contribuíram com cerca de 37% do total.

Rezende, Merlin e Santos (2002), estudaram a quantificação de carbono fixado em 4 tipologias florestais: Floresta Alagável, Floresta de Terra Firme, Cerrado e Campos com Várzea. Os teores médios de carbono para a Floresta Alagável foram de 46,28%, 45,19%, 46,91%, e 43,20%, respectivamente para a madeira, galho, folha e casca, já no sub-bosque os valores foram de 45,30%, 44,51% e 43,28% no tronco (madeira + casca), galhos e folhas respectivamente.

Em relação à Floresta de Terra Firme os teores foram muito semelhantes: 43,63%; 41,17%; 47,06% e 43,58%, na madeira, nos galhos, folhas e cascas da vegetação arbórea, na vegetação do sub-bosque, os teores foram, respectivamente 46,21%; 44,43% e 47,36% no tronco, galho e casca.

Em relação ao Cerrado as análises mostraram que os teores de carbono foram respectivamente: 46,01%; 42,62%; 47,85%; 44,91% e 43,17% na madeira, galhos, folhas, casca e na raiz. O sub-bosque apresentou os teores: 45,52%; 41,06%; 45,50% e 45,32%, no tronco, galho, folhas e raiz. A vegetação denominada de Campos de Várzea foi dividida em vegetação arbustiva (murici) e capim, sendo obtido, respectivamente, 42,46% e 43,45% no galho e folhas do murici, e 40,09% no capim.

3.8.7 Biomassa

Segundo Sanquetta (2002), “Biomassa é a massa de origem biológica, viva ou morta, animal ou vegetal”. A biomassa de origem vegetal é denominada de fitomassa, e pode significar toda a biomassa da floresta ou apenas a fração arbórea da mesma.

O acúmulo de biomassa em árvores difere em cada local onde é medida, refletindo uma variação causada por fatores ambientais e aos inerentes à própria planta. A acumulação da

biomassa, segundo Kramer (1979 apud CALDEIRA, 2000), é influenciada por todos os fatores que afetam a fotossíntese e a respiração como luz, temperatura, concentração de CO_2 no ar, umidade e fertilidade do solo. Outros fatores como fungicidas, inseticidas e doenças, além de aspectos internos que incluem a idade das folhas, sua estrutura e disposição, teor de clorofila, também influenciam na acumulação da biomassa.

Durante a fase inicial do desenvolvimento de uma floresta, uma grande parte de carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa. Posteriormente, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa do tronco aumenta e a de folhas e ramos diminui gradativamente.

O padrão de crescimento estrutural dos diferentes componentes de uma árvore pode ser distinto em função dos fatores edafoclimáticos do sítio (CALDEIRA et al., 2002).

3.8.8 Inventário florestal

Inventário Florestal (IF) é o procedimento básico para se obter informações quantitativas e qualitativas de um povoamento florestal em estudo (CAMPOS; LEITE, 2002).

3.8.8.1 Amostragem casual simples

Esse processo tem como característica principal a propriedade de que toda unidade de amostra ou parcela, tem a mesma probabilidade fixa de ser amostrada na população (CAMPOS; LEITE, 2002).

3.8.8.2 Amostragem estratificada

Esse método as unidades amostrais são selecionados seguindo um esquema predefindo de sstematização, cobrindo toda a população (CAMPOS; LEITE, 2002).

3.8.8.3 Unidade amostral ou parcela amostral

A unidade amostral, é representada por uma parcela mínima da população em que se realiza a coleta de dados para o estudo desta.

O tamanho da amostra deve ser tal que possa dar resultados finais dentro de uma margem aceitável isto é, deve representar as características da população.

Para Péllico Neto e Brena (1997), as unidades amostrais em inventários florestais, podem ser constituídas por parcela de área fixa (em geral com forma circular, quadrada, retangular ou faixas), pontos amostrais ou árvores.

3.8.8.4 Intensidade amostral

É o número de unidades amostrais a serem coletas na população, a fim de que o erro amostral ou a probabilidade de representatividade da mesma fique em parâmetros aceitáveis.

A intensidade de amostragem pode ser determinada através de dois procedimentos principais: em função da variabilidade da população, do erro de amostragem admitido e da probabilidade de confiança fixado ou em função do tempo e recursos disponíveis para a execução do inventário (PÉLLICO NETO; BRENA, 1997).

3.8.8.5 Método indireto de determinação da biomassa

Segundo SANQUETTA et al. (2004b) método indireto ou não-destrutivo baseia-se em estimativas, ou seja, a determinação da biomassa deve ser baseada em dados advindos das determinações e também de informações de outros estudos como o inventário florestal e mapeamento. A relação entre os dados coletados em campo e os valores a serem estimados são conseguidos através da utilização de modelos matemáticos. Para o estabelecimento destes modelos, os parâmetros básicos da comunidade vegetal, à qual se deseja aplicá-los, devem ser previamente obtidos em campanha de campo, pelo método destrutivo. Os métodos indiretos são utilizados para estimar a biomassa de áreas florestais de grande extensão e, dependendo das informações disponíveis, são usadas relações empíricas entre a biomassa e algumas outras variáveis disponíveis nos inventários florestais como DAP, altura e volume, os quais são relacionados com a biomassa de alguma forma.

Para obtenção da massa seca das amostras é necessário o conhecimento da densidade básica.

3.8.8.6 Método direto de determinação de biomassa

O método direto ou destrutivo implica em determinações, ou seja, medição real feita diretamente na biomassa. Este processo é altamente oneroso, tanto do ponto de vista do custo quanto do tempo “uma vez que implica no corte e tomada de peso dos componentes arbóreos, em diferentes unidades amostrais” (REZENDE, 2001, p.68).

Os resultados obtidos por este método são diretamente expressos em peso fresco, ou mais adequadamente, por peso seco, em ton/ha. O peso seco é obtido através da secagem de amostras dos materiais coletados em campo, em estufa, até a obtenção de peso constante, fornecendo possibilidade de cálculos de respectivos índices de umidade.

3.9 ANÁLISE DE VARIÂNCIA

A análise de variância tem por objetivo comparar a variação devido aos tratamentos com a variação devido ao acaso ou resíduo.

A análise de variância permite fazer repetições dos graus de liberdade (G.L.) e das somas de quadrados (S.Q.), sendo que cada parte determina o quadrado médio (Q.M.).

Para utilizar essa metodologia estatística é necessário que o mesmo considere os princípios da repetição e da casualização. Assim, obtêm-se uma estimativa válida para o erro experimental.

Para realização da análise de variância de um experimento inteiramente ao acaso utiliza-se as seguintes etapas:

a) Os graus de liberdade:

- de tratamentos:

k – 1

- do total:

n = k. r e n-1

- do resíduo:

(n – 1) – (k – 1) = n – k

b) A soma de quadrados total:

$SQT=\sum y^2 - C$

c) A soma de quadrados de tratamentos:

$$SQTr = \frac{\sum T^2}{r} - C$$

d) A soma de quadrados de resíduo:

SQR = SQT – SQTr

e) O quadrado médio de tratamentos:

$$QMTr = \frac{SQTr}{k-1}$$

f) O quadrado médio de resíduo:

$$QMR = \frac{SQR}{n-k}$$

g) O valor de F:

$$F = \frac{QMTr}{QMR}$$

h) O p-valor

Comparação do valor de F calculado com F tabelado. (BANZATTO; KRONKA, 1995)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 FONTE DE DADOS

Os dados utilizados neste estudo foram provenientes de estudos realizados por Tomaselli (2005) e Geromini (2004) em plantações de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* respectivamente.

4.1.1 Área de estudo do *Pinus taeda* - Rio Negrinho/SC

Conforme Geromini (2004) os dados foram coletados no planalto norte catarinense, em áreas florestais pertencentes às empresas Mobasa e Terranova Brasil Ltda. e na unidade industrial de propriedade da Terranova Brasil Ltda., localizada no município de Rio Negrinho.

As propriedades da Terra Nova Brasil Ltda., caracterizadas segundo o Plano de Uso do Solo, STCP – Engenharia de Projetos Ltda. (l999), localizam-se na região norte do estado de Santa Catarina, no Planalto Ocidental, abrangendo áreas dos municípios de Rio Negrinho, Mafra, Itaiópolis, Doutor Pedrinho e Rio dos Cedros, totalizando 13.499 ha.

As florestas da empresa Mobasa utilizadas no estudo, também estão localizadas no planalto norte catarinense, possuindo características similares de clima e solo.

4.1.1.2 Clima

O clima da região é o Cfb, segundo Koppen – Mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estação seca e com geadas severas freqüentes. A temperatura média do mês mais quente é sempre inferior a 22°C.

As variações diurnas da radiação, temperatura, umidade e nebulosidade, assim como as influências que a topografia exerce na direção dos ventos, produzem variações da pluviosidade local. Em todo o estado de Santa Catarina, a pluviosidade anual é superior a 1.000mm.

A umidade relativa média anual do ar, no estado de Santa Catarina varia de 72 a 87%. Na área do estudo a precipitação em 2002 e 2003 está expressa na Tabela 18.

Tabela 18 – Precipitações em 2002 e 2003

Mês	2002(mm)	2003(mm)
Janeiro	143,0	139,0
Fevereiro	153,0	71,0
Março	55,5	75,5
Abril	122,5	72,5
Maio	93,5	42,5
Junho	41,0	97,0
Julho	105,5	78,0
Agosto	71,0	28,0
Setembro	254,5	105,0
Outubro	144,0	82,0
Novembro	195,0	119,5
Dezembro	164,5	243,5
Total	1.533	1.153

Fonte: Terra Nova Brasil Ltda.

O pluviômetro está instalado na Fazenda Bituva Grande, de propriedade da Terranova Brasil, localizada na Sub-bacia do Rio Preto, afluente do Rio Negro.

4.1.1.3 Hidrografia

Os municípios onde se encontram as propriedades da Empresa Terranova Brasil Ltda têm suas áreas sobre duas grandes bacias da região sul do Brasil: a bacia do Paraná e a bacia do sudeste.

As áreas florestais utilizadas no estudo encontram-se entre rio Negrinho e rio Preto, afluentes do rio Negro, pertencentes à grande bacia do Paraná.

4.1.1.4 Solos

De acordo com o Plano de Uso do Solo, STCP – Engenharia de projetos Ltda. (1999), as áreas em estudo possuem solos do tipo Cambissolos, de origem de rochas sedimentares (argilitos, siltitos e folhelhos), sem gradiente textural, com menores riscos de perdas por erosão hídrica e com maior capacidade de retenção de umidade e nutrientes devido ao alto valor de silte e alta capacidade de troca de cátions.

4.1.1.5 Area de estudo da A*raucaria angustifolia* - Caçador/SC

Conforme TOMASELLI (2005), os dados foram coletados no município de Caçador, estado de Santa Catarina, no distrito de Taquara Verde, em áreas florestais da empresa MADEPINUS, de propriedade da Família Grando.

Na sede do distrito de Taquara Verde localiza-se a serraria da MADEPINUS, cujo terreno faz divisa com a FLONA de Caçador, (IBAMA).

A rodovia estadual asfaltada SC-451, que liga a sede do município à BR 153 no município de Água Doce, passa em frente à serraria e à sede da FLONA de Caçador, dista 30 quilômetros da cidade de Caçador, no sentido Oeste. Geograficamente localiza-se a 26°46’30’ Sul e 50°12’30’ oeste (IBGE, 1972).

4.1.1.6 Clima

Segundo Köeppen, appud por Pereirra, (2002), o clima é úmido, mesotérmico (temperado quente) com temperatura do mês mais frio entre -3°C e 18°C (temperado úmido); subgrupo subtropical, sem estação seca e temperatura do mês mais quente inferior a 22°C Cfb.

Conforme dados coletados pelo departamento de metereologia da Estação Experimental da EPAGRI de Caçador, nos últimos 34 anos, apresentou:

Temperatura média anual de 16,2°C; média das mínimas de 2,96°C, mínima absoluta de -10,4°C; média das máximas de 32,2°C e máxima absoluta de 36,2°C.

Precipitação média anual de 1.667,4 milímetros, com mínima de 1.246,3 milímetros e máxima de 4.528,6 milímetros.

Número de dias de chuva com média anual de 138 dias, com mínimo de 68 dias e máxima de 182 dias.

Umidade relativa do ar média anual de 77,33%, média das mínimas de 66,8% e média das máximas de 83,88%.

Horas de frio iguais ou abaixo de 7,2°C com média anual de 596 horas, com mínimo de 111,6 horas e máximo de 996 horas.

Insolação média anual de 2.068,9 horas, com mínimo de 1.802,9 horas e máximo de 2.523,5 horas.

Número médio de geadas anuais de 26, com mínimo de 10 e máximo de 57 geadas.

4.1.1.7 Solo

De acordo com a classificação da EMBRAPA (1999), no solo da região predomina o tipo TBe4 (Terra Bruna Estruturada), que compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte superficial nem sempre positivamente identificável como B textural. São de coloração

brunada, de argila de atividade baixa, com altos teores de matéria orgânica nos horizontes superficiais, argilosos ou muito argilosos, com a massa do solo apresentando uma notável capacidade de contração (encolhimento) com a perda da umidade.

São derivados tanto de rochas efusivas da Formação Serra Geral, como dos sedimentos finos do Paleozóico. São bem drenados, profundos ou muito profundos, com a espessura do solo (A + B) variando normalmente de 1,5 a 2,5 metros e o horizonte A de 25 a 55 centímetros. São solos fortemente ácidos, com baixa reserva de nutrientes e com alta altitude.

4.1.1.8 Altitude

A altitude média do local é de 1.100 metros acima do nível do mar, com variações de 950 metros até 1.250 metros devido à declividade acentuada da região. Nas partes mais altas há ocorrência de campo nativo formado basicamente por poáceas perenes e por capões de mata próximos às nascentes de água.

4.2 INFORMAÇÕES DENDROMÉTICAS DAS PLANTAÇOES DE *P*inus *taeda e Araucaria angustifolia*

As Tabelas 19, 20, apresentam as estimativas dendrométricas obtidas, segundo Tomaselli (2005) e Geromini (2004) dos inventários , das plantações florestais de *Araucaria angustifolia e Pinus taeda* nas diferentes idades.

Tabela 19 - Relação dos parâmetros dendrométricos dos povoamentos *Araucaria angustifolia* de Caçador/SC

Parâmetro Idade	**19 (anos)**	**20 (anos)**	**23 (anos)**	**28 (anos)**
Altura Média (m)	13,70	14,77	16,70	16,52
DAP médio (cm)	26,47	27,10	30,08	34,20
Volume da madeira (m³/ha)	357,29	384,66	378,29	473,16

Fonte: Tomaselli (2005)

Tabela 20 – Relação dos parâmetros dendrométricos dos povoamentos *Pinus taeda* de Rio Negrinho/SC

Parâmetro Idade	**18 (anos)**	**25 (anos)**	**26 (anos)**
Altura média (m)	24,1	27,0	25,0
DAP médio (cm)	27,3	35,0	33,0
Volume da madeira (m³/ha)	515,5	442,0	415,0

Fonte: Geromini (2004)

4.3 METODOLOGIA ADOTADA PARA O CÁLCULO DA BIOMASSA

Segundo Nakajima (apontamentos em aula) citados por Geromini (2004) e Tomaselli (2005) para o cálculo da biomassa do *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* foi utilizado o método de medição direta, ou seja, foram obtidos os resultados diretamente de amostras coletadas em campo, estabelecidos pelo inventário florestal.

4.3.1 Inventário florestal

O inventário florestal é um procedimento básico para se obter informações qualiquantitativas do reflorestamento em estudo, de forma que possam ser estabelecidas as relações pertinentes para obtenção dos valores de carbono.

As florestas de *Pinus taeda* já possuíam inventários recentes, realizados pela própria empresa (GEROMINI, 2004).

Para as florestas de *Araucaria angustifolia* foi realizado o inventário florestal (TOMASELLI, 2005) sendo que os procedimentos adotados para a realização do inventário florestal foram os seguintes:

4.3.1.1 Amostragem

Para o levantamento dos dados necessários ao desenvolvimento da pesquisa, foi adotado o processo da amostragem casual simples, que é constituída de unidades amostrais retiradas ao acaso da população, onde toda a unidade da população tem a probabilidade de ser amostrada.

Para a amostragem foi estabelecido o tamanho de cada unidade amostral e a intensidade amostral.

4.3.1.2 Unidade amostral

O tamanho da unidade amostral foi de 20 x 20 metros (400 m²).

De cada unidade amostral foram coletados os seguintes dados: altura total (HT), altura comercial (HC) e circunferência a altura do peito (CAP). A altura foi tomada com hipsômetro modelo Blume-Leiss da Winkel, escala de 0,5 metros, fazendo a leitura a 20 metros de distância com auxílio de uma trena de igual comprimento.

A circunferência à altura do peito foi tomada com trena flexível modelo Level, marca Fanyi com 1,5 metros de comprimento e com divisões de 1 centímetro.

4.3.2 Coleta dos dados no campo

Os dados de biomassa foram coletados no campo utilizando-se o método destrutivo nos seguintes períodos; *Araucaria angustifolia* de Caçador/SC – Setembro de 2003 a fevereiro de 2004 e *Pinus taeda* de Rio Negrinho/SC – em 2003.

4.3.3 Coleta de dados para determinação da densidade

As unidades amostrais onde foram feitas as quantificações da biomassa foram locadas utilizando-se do processo de amostragem casual simples.

Para as plantações da *Araucaria angustifolia* foram utilizadas unidades amostrais de 400m² para cada idade. Os povoamentos foram estratificados por idade 19, 20, 23 e 28 anos. Adotou-se por cortar uma árvore por classe diamétrica de cada idade, perfazendo ao todo 28 árvores (7 classes x 4 idades). Cada árvore representava a sua respectiva classe, por isso foi amostrada a árvore com CAP médio e altura total e a altura comercial média do mesmo.

Os povoamentos do *Pinus taeda* foram estratificados somente por idade para 18 anos e, para os povoamentos 25 e 26 anos, foram estratificados por idade e também por índice de sítio, obtendo-se assim 08 estratos, onde foram selecionadas 13 árvores de cada estrato, distribuídas de acordo com a freqüência diamétrica de cada estrato, totalizando 105 árvores para toda amostragem.

4.3.4 Coleta de amostras do fuste para análise laboratorial

Após a seleção e derrubada das árvores de ambas as espécies, os troncos foram seccionados a 25%, 50% e 75% de suas alturas totais, sendo retirados discos de aproximaamente 5 cm de espessura para a *Araucaria angustifolia* e de 2 a 6 cm de espessura para o *Pinus taeda*. Cada disco recebeu uma identificação.

Desta forma, de cada árvore selecionada, foram retirados 03 discos, classificados em terços inferior (25% da altura), médio (50% da altura) e superior (75% da altura).

4.3.5 Determinação do volume do disco

Para determinação do volume adotou-se o seguinte procedimento:

a) Retirada da casca de cada disco;

b) Pesagem da casca;

c) Pesagem de cada disco, sem a casca, em uma balança de precisão digital;

d) Medição de cada disco para o cálculo do volume, tomando-se o diâmetro em duas posições e o comprimento (altura do disco), em 04 posições, utilizando fita métrica.

As medidas foram feitas em centímetros. Foram feitas médias dos diâmetros e comprimentos e, em seguida, foram calculados os volumes utilizando a seguinte fórmula;

Onde:

$$V = \frac{\pi . d^2}{40000} . h$$

Onde:

V= Volume (m³)

d= Diâmetro (cm);

h = Altura (m)

e) Determinado o volume, os discos foram encaminhados para estufa, a uma temperatura de l03°C, onde foram monitorados e pesados até obtenção do peso constante;

f) Após a estabilização do peso, as amostras de madeira e da casca foram pesadas para obtenção do peso seco.

4.3.6 Determinação da densidade

Com os dados de volume verde e peso seco, foi determinada a densidade básica de cada disco, utilizando a seguinte equação, para ambas as espécies:

$$D = \frac{Pse}{Vve}$$

Onde,

D = densidade básica (g/cm³)

Pse = peso seco (g)

Vve = Volume verde (cm³)

4.3.7 Determinação da biomassa

Para conversão do volume verde em biomassa seca foi utilizada a seguinte equação:

Mse = D* Vve

Onde

Mse = Massa seca (Kg)

D = Densidade básica (Kg/m³)

Vve = Volume verde (m³)

4.3.8 Obtenção das amostras para análise de carbono

Realizadas as pesagens dos discos, estes foram encaminhados para as plainas, com objetivo de se obter cepilho para uma posterior análise do carbono no laboratório da EPAGRI – Caçador.

Nesta plaina, cada disco foi processado por vez, onde, sempre após o cepilhamento, realizava-se a limpeza do local onde se armazenava o cepilho (amostra), de forma a não contaminar as amostras das fatias subseqüentes.

As amostras foram obtidas aplainando-se sempre o disco no sentido perpendicular aos anéis de crescimento em direção à medula, visando amostrar todos os anéis de crescimento, para posterior estimativa da porcentagem de carbono.

As amostras, assim obtidas, foram submetidas a 3 moagens: a primeira em moedor da MANESCO & GUARNIERI tipo MR 330, a segunda no moedor da MANESMO & GUARNIERI tipo WILLEY – 20 e a terceira no moedor JICA, vibrating Sample Mill, CMT –TI-200. Na primeira moagem os cepilhos foram transformados em farelo, na segunda em pequenos grânulos e na terceira em pó bem fino.

As amostras foram individualmente armazenadas em sacos plásticos, devidamente etiquetados com a identificação de cada disco.

4.3.9 Determinação dos teores de carbono

As amostras de ambas as espécies foram encaminhadas para análise do teor de carbono no Laboratório de Análise de Tecido Vegetal da EPAGRI e novamente secas em estufas, a uma temperatura de 60°C. Após secas, estas passaram por um triturador, onde foram novamente moídas e transformadas em pó, gerando sub-amostras, mantendo a mesma identificação antes estabelecidas nas amostras.

Para determinação do teor de carbono orgânico foi utilizada a titulação pelo Método de Walkjey – Black, com calor externo, proposto por TEDESCO et al., (1995).

Reagentes utilizados:

a) $K_2Cr_2O_7$ IN: Dissolver 49,04g de dicromato de potássio em água e diluir para 1 litro. Secar previamente o reagente a 105°C;

b) Ácido Sulfúrico concentrado (aproximadamente 96%);

c) Complexo de Ortofenantrolina – Ferro 0,025N: Dissolver 14,85g de Ortofenantrolina monohidrata e 6,95g de $FeSO_4$. $7H_2O$ em água e diluir para 1 litro;

d) $FeSO_4$. $7H_2O$ 0,5N: Dissolver 140g de $FeSO_4$. 7 H_2O em água, adicionar 15 ml de H_2SO_4 concentrado, esfriar e diluir para 1 litro.

A amostra é padronizada diariamente, titulando contra 10 ml de dicromato de potássio IN, com ponto de virar como descrito para as amostras abaixo.

Metodologia utilizada pela EPAGRI

a) Moer a amostra até passar em malha de 0,5 milímetros;

b) Pesar alíquotas contendo de 10 a 25 mg de carbono orgânico (0,05g), transferindo-se depois para um Erlenmeyer de 250 ml;

c) Adicionar 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ IN e agitar lentamente para dispersar a amostra;

d) Rapidamente adicionar 20 ml de H_2SO_4 concentrado, dirigindo o ácido para a suspensão;

e) Agitar por um minuto e deixar em repouso por mais 30 minutos, sobre madeira ou cimento amianto. Adicionar 200 ml de água destilada. Filtrar se o ponto de virar não ficar bem claro. Adicionar 3 a 4 gotas do indicador de Ortofenantrolina e titular com $FeSO_4$ 0,5 N;

f) Quando o ponto de virar se aproxima, a solução torna-se verde e muda-se para verde escuro. Então passa-se a titular gota a gota, até que a solução mude rapidamente de azul para vermelho (cor marrom em luz refletida contra fundo branco);

g) Repetir a determinação com menos amostras se mais de 75% do dicromato for reduzido.

A porcentagem de Carbono (%C) foi calculada utilizando-se a fórmula:

$$\% C = \frac{(me\,K_2\,Cr_2\,O_7 - me\,Fe\,SO_4)0{,}003^{*}\,100^{*}\,1{,}33}{P}$$

Onde:

Me $K_2Cr_2O_7$ = ml K2CrO7 IN

Me $FeSO_4$ = ml $FeSO_4$. Normalidade da Solução.

ml = mililitros

P = peso em gramas de amostra seca

Depois de realizada as quantificações de carbono no laboratório, foi emitido um relatório pela EPAGRI constando à porcentagem de carbono para cada sub-amostra.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com base nos resultados obtidos por Tomaselli (2005) e Geronimi (2004) respectivamente para *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda,* foi realizada a comparação dos resultados entre as duas espécies através da análise de variância ANOVA para determinar se existem diferenças significativas nas variáveis: volume, densidade da madeira, biomassa e teor de Carbono.

A comparação dos resultados foi realizada para as seguintes idades:

a) 19 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus);

b) 20 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus);

c) 23 anos (Araucária) x 25 anos (Pinus);

d) 28 anos (Araucária) x 26 anos (Pinus).

Para validação dos resultados da pesquisa, os testes de hipótese de igualdade, médias ou porcentagens basearam-se na análise de variância (ANOVA).

Se o valor calculado de F for maior que o valor da tabela da distribuição F para um determinado nível de significância, que no presente estudo foi 95%, a hipótese de igualdade de médias ou porcentagens entre as categorias do respectivo valor é rejeitada.

Pelo contrário, em caso de o valor de F calculado for menor ou igual que o F tabelado, a hipótese de igualdade de médias é aceita.

Para realizar o processamento dos dados utilizou-se o programa SISVAR (Sistema de análise de variância para dados balanceados), desenvolvido por Ferreira (2000), sendo de domínio público da Universidade Federal de Lavras.

4.4.1 Medida de posição

Para se obter o resultado para análise referente à posição dos dados, foi utilizada a média aritmética.

4.4. 1.1 Média aritmética (x)

É o centro da distribuição de freqüências, sendo uma medida de posição (SPINELLI et al., 2001) por isso possibilita a se formar uma idéia inicial a respeito dos dados de cada tratamento, nas espécies *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* é calculada pela soma das observações divididas pelo número delas.

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Xi}{n}$$

i = 1 n

4.4.2 Dispersão dos dados

Para análise da dispersão dos dados foram utilizadas as seguintes medidas de dispersão: amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação.

4.4.2.1 Amplitude

A amplitude baseia-se somente nos valores extremos do conjunto de dados, sendo definida como a diferença, entre os extremos superior e inferior (TOLEDO et al., 1992). Neste estudo, a amplitude mostrou a faixa de variação onde encontramos todos os elementos do conjunto de dados da *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.

4.4 2. 2 Desvio Padrão

Segundo (SPINELLI et al., 2001), desvio padrão é conhecido como sendo a raiz quadrada positiva da variância. O desvio padrão neste estudo mediu a dispersão dos dados em relação à media.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - x)^2}{n - 1}}$$

4.4.2.3 Coeficiente de variação (CV)

O coeficiente de variação é definido como o quociente entre o desvio padrão e a média aritmética de um conjunto de observações. Exprime a variabilidade relativa à média e, usualmente, é expresso em porcentagem. Ele caracteriza a dispersão dos dados em termos relativos do seu valor médio. Sempre que este valor do coeficiente de variançio for inferior a 30%, os dados são considerados “homogêneos”, quando isso não ocorrer, os dados são denominados “não homogêneos”.

4.4.3 Equação de Regressão Linear

Para viabilizar a comparação nas idades em que não haviam dados em relação ao Volume e Biomassa entre as duas espécies (Araucária e Pinus) foi utilizado a Equação de regressão para determinar a produção na mesma idade, possibilitando a comparação entre as espécies.

A análise de regressão linear é uma das técnicas estatísticas mais utilizadas para pesquisar e modelar o relacionamento existente entre as diversas variáveis de um processo (WERKEMA et. al., 1996)

4.4.4 Comparação do volume e biomassa

A comparação do volume e biomassa de ambas as espécies foi através da porcentagem, não sendo possível realizar a ANOVA, devido a ausência de dados por idade dos TI, TM, TS do Pinus taeda. A comparação através da porcentagem neste estudo possibilitou analisar a superioridade da variável de interesse (volume e biomassa) entre as espécies.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 COMPARAÇÃO DO VOLUME DO FUSTE ENTRE POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*

Para realizar os cálculos da comparação do Volume em todas as idades foi necessário determinar o volume através de equações de regressão para a *Araucaria angustifolia* nas idades 18, 25 e 26 anos e para o *Pinus taeda* nas idades 20, 23 e 28 anos.

Equação de Regressão da estimativa do volume do fuste em povoamentos de *Araucaria angustifólia*

$Y = - 14 + 19,7 * X$

R^2 (adj) = 99,4%

SS = 78

Onde:

X = representa a idade da árvore

R^2 = coeficiente de determinação ajustado

SS = erro do resíduo

Substituindo as idades (18,25 e 26 anos) na Equação de Regressão encontramos as seguintes estimativas (340,00; 477,90 e 497,60 $m^{3/}$/ha) respectivamente para o volume do fuste.

Equação de Regressão da estimativa do volume do fuste em povoamentos de *Pinus taeda*

$Y = 729 – 11,8 * X$

R^2 (adj) = 97,8

Substituindo as idades (19, 20, 23 e 24 anos) na Equação de Regressão encontramos as seguintes estimativas (504,80; 493,00; 457,60 e 446,29 m^3/ha) respectivamente para o volume do fuste.

A comparação do volume (m³/ha) foi realizada através do cálculo da porcentagem. Devido à ausência de dados individual de cada árvore do *Pinus taeda*, não foi possível efetuar a análise estatística através da ANOVA.

O Volume foi comparado nas seguintes idades:

a) 18 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus);

b) 19 anos (Araucária) x 19 anos (Pinus);

c) 20 anos (Araucária) x 20 anos (Pinus);

d) 23 anos (Araucária) x 23 anos (Pinus).

e) 25 anos (Araucária) x 25 anos (Pinus);

f) 26 anos (Araucária) x 26 anos (Pinus)

g) 28 anos (Araucária) x 28 anos (Pinus).

Tabela 21 – Comparação do volume do fuste em povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no Sul do Brasil

Araucaria angustifolia				***Pinus taeda***			
Idade	**Espécie**	**Árv/ha**	**m³/ha**	**Idade**	**Espécie**	**Árv/ha**	**M³/ha**
18	AC	-	340,00*	18	PRN	742	515,50
19	AC	837	353,85	19	PRN	-	504,80*
20	AC	835	386,00	20	PRN	-	493,00*
23	AC	561	439,01	23	PRN	-	457,60*
25	AC	-	477,90*	25	PRN	385	442,00
26	AC	-	497,60*	26	PRN	427	415,00
28	AC	554	536,29	28	PRN	-	446,92*

Adaptado: Geromini (2004); Tomaselli (2005);AC – Araucária plantada em Caçador/SC;
PRN – Pinus plantado em Rio Negrinho/SC;* dados estimados pela autora

Conforme Tabela 21, o volume produzido no povoamento de *Pinus taeda* com idades 18, 19 e 20 anos, com 742 árv/ha, foi 515,50 m³/ha, 544,13 m³/ha e 572,76m³/ha respectivamente. Nos povoamentos de *Araucaria angustifolia* com a mesma idade, o volume produzido foi de 335,22m³/ha, 353,85m³/ha e 386,00m³/ha respectivamente. Comparando-se o Volume entre as duas espécies, constatou-se que o *Pinus taeda* é superior em 51,61% para a idade de 18; para a idade de 19 anos apresentou ser superior com 42,65% e 27,72% para a idade de 20 anos.

A Tabela 21 mostra que o volume produzido no povoamento de *Pinus taeda* com 23 anos, foi de 457,60m^3/ha, com 742 árvores por hectare, com 25 anos, foi de 442m³/ha com 385 árvores por hectare e, para as idades 26 e 28 anos, foram de 415,00m³/ha e 398,60m³/ha respectivamente, com 427 árvores por hectare. Nos povoamentos de *Araucaria angustifolia* com 23 anos, 561 árvores por hectare, o volume produzido foi de 439,01m³/ha, com 25 e 26 anos (idade extrapolada) foi de 477,90 m³/ha e 497,60 m³/ha, respectivamente, aos 28 anos, com 554 árvores por hectare, o volume produzido foi de 536,29 m³/ha. Comparando os volumes produzidos entre as espécies, a *Araucaria angustifolia* foi superior em produtividade de volume com 7,96% para a idade de 23 anos, 8,12% para 25 anos, 19.90% para 26 anos e 34,54% para a idade de 28 anos.

Conforme as comparações dos volumes entre as duas espécies, constatou-se que a *Araucaria angustifolia* produziu maior volume nos povoamentos de 23, 25 26 e 28 anos, devido ao desbaste do *Pinus taeda* ter sido mais pesado que na *Araucaria angustifolia* , o que pode ter ocasionado a superioridade da A*raucaria angustifolia* em termos de volume. Outro fator que pode ter influenciado além da qualidade genética (sendo superior o Pinus) é a qualidade do sítio.

As produtividades da *Araucaria angustifolia* neste estudo foram 18,62 e 19,3 m³/ha/ano, aos 19 e 20 anos respectivamente. Carvalho (1994) encontrou produtividade de 18m³/ha/ano em sítios de qualidade média e com alto teor de alumínio em Colombo-PR, demonstrando ser semelhante ao resultado deste estudo, mas um pouco inferior aos 20,70m³/ha/ano (EJEMPLOS DE SELECCIÓN, 2004), mas dentro do esperado por WEBB et al., (1994) de 10 a 23m³/ha/ano.

Na idade de 23 anos a produtividade da *Araucaria angustifolia* neste estudo foi de 19,09m³/ha/ano, Machado; Mello; Barros (2000) encontraram para a idade de 23 anos um volume de 451,75m³/ha e produtividade de 18,82m³/ha/ano; com 625 árvores por hectare e 501,25m³/ha e produtividade de 20,89m³/ha/ano, sendo semelhante a este estudo.

A produtividade da *Araucaria angustifolia* neste estudo para as idades de 26 e 28 anos foi de 19,15m³/ha/ano em ambas as idades com 554 árvores por hectare. Segundo Watzlawick (2003), em povoamentos situados em General Carneiro/PR, com 25 anos, constatou um volume de 358,77m³/ha e produtividade 14,35m³/ha/ano, com 516 árvores por hectare e com 29 anos, um volume de 219,78m³/ha e produtividade 7,57m³/ha/ano com 536 árvores por hectare, ambos os povoamentos tiveram dois desbastes. Nestas idades, o resultado aqui obtido foi superior ao de Watzlawick, porém com densidade populacional maior.

5.2 COMPARAÇÃO DA DENSIDADE DA MADEIRA DOS TI, TM E TS DO FUSTE ENTRE POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*

A análise estatística da comparação dos dados referentes à densidade da madeira do fuste nos terços TI, TM e TS entre as duas espécies conforme Tabela 22 foi realizada através da ANOVA, sendo comparado as seguintes idades:

a) 19 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus);
b) 20 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus);
c) 23 anos (Araucária) x 25 anos (Pinus);
d) 28 anos (Araucária) x 26 anos (Pinus).

Tabela 22 – Comparação da densidade da biomassa do fuste em povoamentos de A*raucaria angustiolia* e *Pinus taeda*

***Araucaria angustifolia* (t/m³)**						
Idade	**Espécie**	**Nº de árvores**	**Volume m³**	**TI**	**TM**	**TS**
19	AC	837	353,85	0,394	0,386	0,363
20	AC	835	386,00	0,396	0,388	0,384
23	AC	561	439,01	0,383	0,379	0,366
28	AC	554	536,29	0,388	0,384	0,371
***Pinus taeda* (t/m³)**						
Idade	**Espécie**	**Nº de árvores**	**Volume m³**	**TI**	**TM**	**TS**
18	PRN	742	515,5	0,386	0,368	0,380
25	PRN	385	442,00	0,391	0,374	0,354
26	PRN	427	415,00	0,418	0,405	0,389

Fonte: Tomaselli (2005) AC – Araucária plantada em Caçador/SC; Geromini (2004) PRN – Pinus plantado em Rio Negrinho/SC

Tabela 23 - Comparação da densidade da madeira do TI entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA

***Araucaria angustifolia* (anos)**	**Versus**	***Pinus taeda* (anos)**	**ANOVA**
19	versus	18	ns
20	versus	18	ns
23	versus	25	ns
28	versus	26	s

α = 5%; probabilidade = 95%
ns = não significativo
s - significativo

Tabela 24 - Comparação da densidade da madeira do TM entre a Araucaria *angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA

***Araucaria angustifolia* (anos)**	**Versus**	***Pinus taeda* (anos)**	**ANOVA**
19	versus	18	ns
20	versus	18	ns
23	versus	25	ns
28	versus	26	ns

α = 5%;probabilidade = 95%
ns – não significativo;
s – significativo

Tabela 25 - Comparação da densidade da madeira do Terço Superior entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA

***Araucaria angustifolia* (anos)**	**Versus**	***Pinus taeda* (anos)**	**ANOVA**
19	versus	18	ns
20	versus	18	ns
23	versus	25	ns
28	versus	26	ns

α = 5%; probabilidade = 95%
ns – não significativo
s – significativo

As análises estatísticas através da ANOVA demonstraram que os terços do fuste da *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* não diferem entre si quanto à densidade da biomassa nas seguintes idades:

19 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus); 20 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus) e 23 anos (Araucária) x 25anos (Pinus).

Quando comparada a Araucária (28 anos) x Pinus (26 anos) os resultados apresentaram diferença significativa no TI do fuste, sendo 7,17% superior para o *Pinus taeda*. O TM e TS do fuste de ambas as espécies não diferem entre si, nestas idades.

5.3 COMPARAÇÃO DA DENSIDADE DO FUSTE INTEIRO ENTRE POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*

Para comparar a densidade do fuste inteiro entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* foi utilizado a ANOVA, sendo comparado as seguintes idades: 19 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus); 20 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus); 23 anos (Araucária) x 25 anos (Pinus); 26 anos (Araucária) x 28 anos (Pinus).

Tabela 26 – Comparação da densidade do fuste por faixa etária em povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no Sul do Brasil

***Araucaria angustifolia* (t/m³)**				
Idade	**Espécie**	**Árvores/ha**	**m³/ha**	**t/m³**
19	AC	837	357,85	0,381
20	AC	835	386,00	0,389
23	AC	561	439,01	0,376
28	AC	554	536,29	0,381
***Pinus taeda* (t/m³)**				
Idade	**Espécie**	**Árvores/ha**	**m³/ha**	**t/m³**
18	PRN	742	515,50	0,378
25	PRN	385	442,00	0,373
26	PRN	427	415,00	0,404

Fonte: Tomaselli (2005) AC – Araucária plantada em Caçador/SC; Geromini (2004) PRN – Pinus plantado em Rio Negrinho/SC.

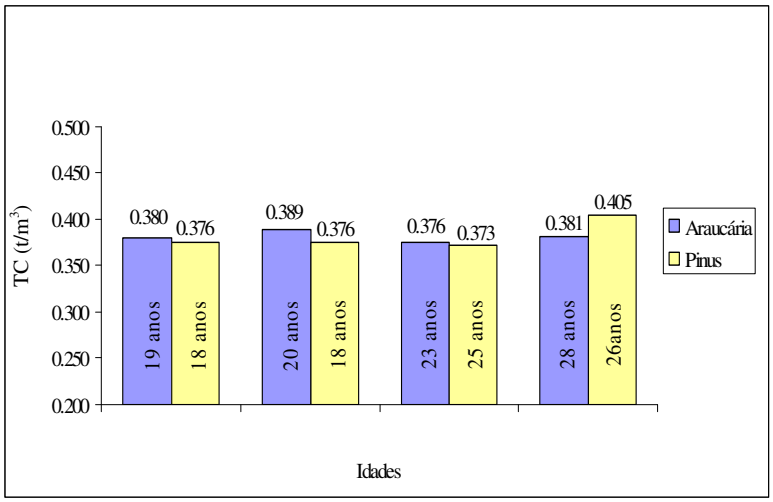
Tabela 27 - Comparação da densidade da madeira do fuste inteiro entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA

***Araucaria angustifolia* (anos)**	**X**	***Pinus taeda* (anos)**	**ANOVA**
19	x	18	ns
20	x	18	ns
23	x	25	ns
28	x	26	s

α = 5%; probabilidade = 95%
ns – não significativo
s - significativo

A ANOVA demonstrou que os fustes das árvores de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* não diferem entre si, quanto a densidade da biomassa nas idades 19 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus); 20 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus), 23 anos(Araucária) x 25 anos (Pinus). Apresentou diferença significativa na idade 28 anos (Araucária) x 26 anos (Pinus), sendo a densidade do fuste do *Pinus taeda* superior em 5,92% com relação ao fuste da *Araucaria angustifolia,* podendo ser visualizado no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Comparação da densidade do fuste sem casca (t/m³) por faixa etária em povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*



Fonte: adaptado de Geromini (2004); Tomaselli, 2005

Segundo Tomaselli (2005) a densidade média da biomassa do fuste nos povoamentos de *Araucaria angustifolia* foi de 0,38 g/cm³ não apresentando variações significativas com a idade dos povoamentos, podendo ser visualizado no Gráfico 06.

Segundo Geromini (2004) a densidade média da biomassa do fuste nos povoamentos de *Pinus taeda* foi de 0,38 g/cm³, sendo que a idade nestes povoamentos influenciou diretamente na densidade da madeira, isto é, quanto mais velha a árvore, maior é a densidade de sua madeira.

Burger (1976) cita a espécie, sítio, idade e espaçamento como sendo os fatores que influenciam no peso específico da madeira.

A densidade varia entre as espécies, entre indivíduos e procedências da mesma espécie e dentro da árvore, tanto no sentido longitudinal, ou seja, da base para o topo, como no sentido radial da medula para a casca (BARICHELO et. al. 1983 apud MENDES et al., 1999).

A densidade da madeira é uma propriedade resultante de fatores como dimensões das células, espessura e composição química da parede celular e percentual de ocupação dos variados tipos de células, Mendes (1999 apud PASHIN et al. 1970). Segundo FOELKEL et al. (1983) as dimensões dos elementos celulares variam em função da idade do vegetal.

Wehr et al., (2000) encontraram uma densidade média na faixa de 0,40 a 0,50 g/cm³ em povoamentos de *Araucaria angustifolia*. Para a idade de 18 anos encontrou 0,44 g/cm³ para a densidade da madeira com casca em árvores de *Araucaria angustifolia*.

Rolim (1974) em estudo referente à densidade da madeira em povoamentos da *Araucaria angustifolia* situados no parque Getulio Vargas em Capão Bonito/SP, encontrou aos 15 anos de idade 0,36 g/cm³ de densidade para os primeiros anéis e 0,52 g/cm³ para os últimos anéis de crescimento.

Em estudo realizado por IWAKIRI et al., (2002), foram encontrados valores médios de densidade básica de 0,480 t/m³ para *Pinus taeda* provenientes de plantios com idades de 20 e 24 anos, localizados no município de Arapoti/PR. Neste estudo, nos povoamentos de *Pinus taeda* para a idade de 25 anos foi encontrado 0,373 t/m³, sendo inferior ao estudo de IWAKIRI.

Mendes (1993), apud Brasil (2003) encontrou para o *Pinus taeda* com 20 anos valores médios de densidade básica de 0,383 t/m³. Neste estudo foi encontrado para a idade de 18 anos 0,376 t/m³ sendo pouco inferior ao estudo de MENDES, mas com dois anos de diferença.

Tomaselli (1980) em estudos realizados em Irati-Pr com povoamento de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* com dezoito anos encontrou valores de densidade básica; 0,442 e 0,469 t/m³ repectivamente. Comparações através do teste "t" mostraram não haver diferença significativa entre as espécies. Neste estudo encontramos para a idade de dezoito anos 0,376 t/m³, sendo inferior ao estudo de Tomaselli.

Segundo o MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2005e) apud MARCOLIN (1990) os valores médio da densidade básica do *Pinus taeda* com casca aos 20 anos é 0,384 t/m³. Já (MENDES, 1993) encontrou 0,354 t/m³.

Em estudo com *Pinus elliottii* no estado de São Paulo foi encontrado os valores médios da densidade básica dos 16 a 25 anos de 0,508 t/m³. A estimativa de valor médio para a densidade básica do fuste com casca do gênero Pinus é 0,385 t/m³ segundo MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2005e), apud Brasil et al. (1991).

Em estudo realizado por Santini (2000) em Quedas do Iguaçu-PR, com povoamentos de *Pinus elliotti* e *Pinus taeda* com 13 anos e *Araucaria angustifolia* com 19 anos foi constatado que não há diferença significativa na densidade básica da madeira entre as três espécies estudas, sendo que as médias oscilaram entre 0,40 e 0,41 g/cm³, sendo superiores à este estudo quando comparado com a densidade do fuste de ambos os gêneros.

Stum (1992) apud SANTINI, (2000), encontraram na madeira do Pinus sp de 20 anos e para Araucaria angustifolia, respectivamente, a densidade específica de 0,42 e 0,58 g/cm³, sendo superior a densidade do fuste quanto comparado ao *Pinus taeda* de 18 anos e a *Araucaria angustifolia* de 20 anos deste estudo.

O Wood Handbook (1987 apud SANTINI, 2000), relata que a madeira de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, respectivamente possui densidade básica de 0,54 e 0,47 g/cm³. Já para a madeira de *Araucaria angustifolia* o estudo atribui valores de 0,46 g/cm³, sendo superiores a densidade do fuste encontrada neste estudo para ambas as espécies que apresentou uma média de 0,38 g/cm³.

5.4 COMPARAÇÃO DA BIOMASSA DO FUSTE ENTRE POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia e Pinus taeda*

Os resultados da comparação da biomassa do fuste entre as espécies foram obtidos através do cálculo da porcentagem. Para realizar os cálculos de comparação de biomassa em todas as idades foi necessário determinar a quantidade de biomassa través de Equações de Regressão para as idades 18, 25 e 26 anos da *Araucaria angustifolia* e 20, 23 e 28 anos para o *Pinus taeda*.

Equação de Regressão da estimativa da biomassa do fuste em povoamentos de *Araucaria angustifólia*

$Y = 28,7 + 3,36 * X$

$R^2(adj) = 78,7\%$

$SS = 149,28$

Onde:

X = idade da árvore

R^2 = coeficiente de determinação ajustado

SS = erro do resíduo

Substituindo as idades 18, 25, 26 anos na equação encontramos as seguintes estimativas, 89,18; 112,70; 116,06 mg/ha respectivamente para a biomassa do fuste.

Equação de Regressão da estimativa da biomassa do fuste em povoamentos de *Pinus taeda*

$Y = 261 – 3,70 * X$

R^2 (adj) = 95,8%

SS = 22,60

Substituindo as idades 19, 20, 23, 28 anos na Equação de Regressão encontramos as seguintes estimativas 190,70; 187,00; 175,90 e 157,40 mg/ha respectivamente para a biomassa do fuste.

A comparação da biomassa do fuste foi realizada através da porcentagem, devido a falta de repetições experimentais consequentemente não foi possível efetuar as análises estatísticas através da ANOVA.

Tabela 28 - Comparação da biomassa (Mg/ha) do fuste em povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no Sul do Brasil

Araucaria angustifolia					***Pinus taeda***				
Idade	**Espécie**	**Arv/há**	**M³/ha**	**Fuste (Mg/ ha)**	**Idade**	**Espécie**	**Arv/ha**	**M³/ha**	**Fuste (Mg/ ha)**
18	AC	-	-	89,18*	18	PRN	742	515,50	194,96
19	AC	837	353,85	90,98	19	PRN	-	-	190,70*
20	AC	835	386,00	103,24	20	PRN	-	-	187,00*
23	AC	561	439,01	96,87	23	PRN	-	-	175,90*
25	AC	-	-	112,70*	25	PRN	385	442,00	165,06
26	AC	-	-	116,06*	26	PRN	427	415,00	168,04
28	AC	554	536,29	125,94	28	PRN	-	-	157,40*

Adaptado de: Tomaselli (2005) AC-Araucaria plantada em Caçador/SC; Geromini (2004) PRN – Pinus plantado em Rio Negrinho/SC; *dados estimados pela autora.

Os resultados da comparação da biomassa arbórea (Mg/ha) do fuste entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* demonstraram que a quantidade de biomassa (Mg/ha) do fuste é superior no *Pinus taeda* conforme Tabela 28 aos 18 anos com (126,17%); 19 anos (109,60%); 20 anos (81,13%); 23 anos (81,58%), com 742 árvores. O *Pinus taeda* também mostrou ser superior aos 25 anos com (46,59%) com 385 árvores por hectare, aos 26 anos (44,78%) com 427 árvores, aos 28 anos com (24,98%) de biomassa arbórea.

O *Pinus taeda* foi superior em todas as idade, em relação ao estoque de biomassa em seus povoamentos, mesmo com menor quantidade de árvore por hectare, diferença esta que pode ter ocorrido em função de condições edafoclimáticas do sítio, material genético e desbastes. Segundo Otto (1994), a diferença de biomassa pode estar relacionada com locais diferentes dentro do mesmo tipo de floresta.

Pode-se observar na Tabela 28 que a quantidade de biomassa do fuste (Mg/ha) para a *Araucaria angustifolia* foi crescente com o passar dos anos, exceto na idade de 23 anos que decaiu, mas foi semelhante às idades de 19 e 20 anos. Isto pode estar relacionado principalmente a desbaste realizado.

O Pinus taeda neste estudo teve uma biomassa (Mg/ha) crescente anualmente para as idades 18, 19, 20 e 23 anos, depois decaiu nas idades 25, 26 e 28 anos. Segundo Otto (1994), durante a fase inicial de uma floresta, grande quantidade de carboidratos é canalizada para produção de biomassa da copa. Posteriormente, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa de tronco aumenta e a de folhas e ramos diminui gradativamente. Porém, em relação à produção de biomassa do tronco esta situação não foi observada neste estudo para o *Pinus taeda*, pois a produção de biomassa (Mg/ha) decaiu gradativamente com o passar dos anos. Isto também pode estar relacionado principalmente a desbaste.

O acúmulo de biomassa é afetado por todos aqueles fatores que afetam a fotossíntese e a respiração, pois a produtividade de um determinado ecossistema, segundo Schumacher et al.

(1997a), está relacionada diretamente com o consumo e disponibilidade de dióxido de carbono no meio, pois este é o elemento que movimenta o processo de absorção das plantas.

A maior produção de biomassa pode estar relacionada a maiores taxas de incidência de luz solar no piso florestal, permitindo assim uma maior atividade fotossintética e consequentemente maior quantidade de biomassa.

Watzlawick (2003) estudou povoamentos de *Araucaria angustifolia* para a idade de 29 anos com 536 árv. /ha, encontrou 82,33 Mg/ha de produção de biomassa sendo inferior quando comparado a este estudo com a idade de 28 anos com 554 árvores por hectare que foi de 125,94 Mg/ha, diferença esta que pode ter ocorrido em função de condições edafoclimáticas e material genético. O mesmo autor, porém trabalhando com *Pinus taeda* na região de General Carneiro, com as idades 21 e 23 anos encontrou 187,30 Mg/ha com 440 árv./ha e 155,62 Mg/ha com 200 árv/ha, respectivamente, contra 194,96 Mg/ha com 18 anos e 742 árv/ha e 165,06 Mg/ha com 25 anos e 385 árv/ha sendo neste estudo superior, porém com idades diferentes e maior número de árvore por hectare.

5.5 COMPARAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO NOS TERÇOS (TI, TM, TS) DO FUSTE ENTRE POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda.*

A comparação dos teores médios de carbono nos terços do fuste TI, TM TS, entre as espécies foi nas idades: 19 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus); 20 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus); 23 anos (Araucária) x 25 anos (Pinus); 28 anos (Araucária) x 26 anos (Pinus).

As avaliações estatísticas foram através da Análise de Variância (ANOVA) para verificação da existência ou não de diferenças significativas no tocante as diferentes idades das espécies em questão.

Tabela 29 - Comparação dos teores médios de carbono no fuste de acordo com a idade em árvores de *Araucaria Angustifolia* e *Pinus taeda* no Sul do Brasil

***Araucaria angustifolia* - fuste (t/m³)**						
Idade	**Espécie**	**Árv/ha**	**M³/ha**	**TI (T/m^3)**	**TM (T/m^3)**	**TS (T/m^3)**
19	AC	837	353,85	58,12	59,74	59,86
20	AC	835	386,00	60,36	61,15	60,42
23	AC	561	439,01	61,55	60,87	60,38
28	AC	554	536,29	60,93	60,26	59,77
***Pinus taeda* - fuste (t/m³)**						
Idade	**Espécie**	**Árv/ha**	**M³/ha**	**TI (T/m^3)**	**TM (T/m^3)**	**TS ($T/m^{\#}$)**
18	PRN	742	515,50	55,60	57,40	57,40
25	PRN	385	442,00	56,50	54,00	55,80
26	PRN	427	415,00	56,00	54,90	53,00

Fonte: Tomaselli (2005); AC – Araucária plantada em Caçador/R ;Geromini (2004); PRN – Pinus plantado em Rio Negrinho/SC

Tabela 30 - Comparação da porcentagem de carbono no TI do fuste entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA

Araucaria angustifolia		**VERSUS**	***Pinus taeda***		**ANOVA**
Idade	**%C**		**Idade**	**%C**	
19	58,12	versus	18	55,60	ns
20	60,36	versus	18	55,60	s
23	61,55	versus	25	56,50	s
28	60,93	versus	26	56,00	s

α = 5%; probabilidade = 95%
ns – não significativo
s – significativo

Tabela 31 - Comparação da porcentagem de carbono no TM do fuste entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA

Araucaria angustifolia		**VERSUS**	***Pinus taeda***		**ANOVA**
Idade	**%C**		**Idade**	**%C**	
19	59,74	versus	18	57,40	ns
20	61,15	versus	18	57,40	s
23	60,87	versus	25	54,00	s
28	60,26	versus	26	54,90	s

α = 5%; probabilidade = 95%
ns – não significativo
s – significativo

Tabela 32 - Comparação da porcentagem de carbono no TS do fuste entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA

Araucaria angustifolia		**VERSUS**	***Pinus taeda***		**ANOVA**
Idade	**%C**		**Idade**	**%C**	
19	59,86	versus	18	56,40	ns
20	60,42	versus	18	56,40	s
23	60,38	versus	25	55,80	s
28	59,77	versus	26	53,00	s

α = 5%; probabilidade = 95%
ns – não significativo
s - significativo

A análise da comparação do percentual médio do teor de carbono nos terços do fuste conforme idades (Tabela 30) entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* demostrou que a Araucária é superior ao Pinus no TI com 8,56%; 9,03% e 9,01% nas idades 20, 23 e 28 anos respectivamente. No TM mostrou ser superior em todas as idades conforme Tabela 31 com: 4,11%; 6,60%; 12,97% e 9,56%. Conforme Tabela 32 para o TS a Araucária mostrou superioridade em todas as idades com 6,24%; 6,60%; 8,51% e 12,54%.

5.6 COMPARAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO NO FUSTE INTEIRO DE ACORDO COM A IDADE EM POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*

As análises estatísticas para a comparação dos resultados dos teores de carbono do fuste inteiro em diferentes idades foram realizadas através da NOVA para verificar a existência ou não de diferenças significativas no tocante ao teor de carbono no fuste das espécies em questão. A comparação dos resultados foi realizada nas seguintes idades: 19 anos (Araucária) x 18 (anos) Pinus; 20 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus); 23 anos (Araucária) x 25 anos (Pinus); 28 anos (Araucária) x 26 anos (Pinus).

Tabela 33 - Comparação dos teores médios de carbono no fuste de acordo com a idade entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do Brasil

Araucaria angustifolia					***Pinus taeda***				
Idade	Espécie	Árvores/há	m³/há	%C	Idade	Espécie	Árvores/ha	m³/ha	%C
19	AC	837	353,85	59,24	18	PRN	742	515,5	56,4
20	AC	835	386,00	60,64	25	PRN	385	442,00	55,3
23	AC	561	439,01	60,93	26	PRN	427	415,00	54,6
28	AC	554	536,29	60,32					

Fonte: Tomaselli (2005) AC – Araucária plantada em Caçador/SC; Geromini (2004) PRN – Pinus plantado em Rio Negrinho/SC.

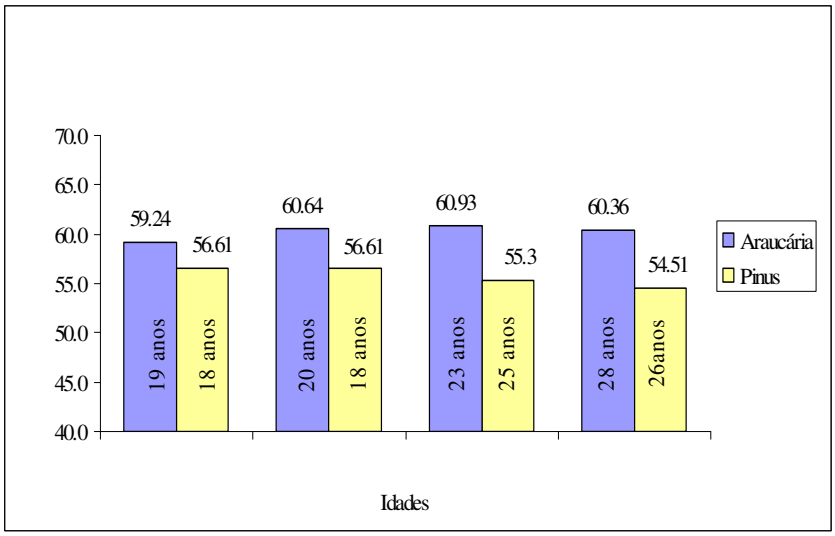
Tabela 34 - Comparação dos teores de carbono no fuste inteiro entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* nas diversas idades através da ANOVA

***Araucaria angustifolia* (anos)**	**Versus**	***Pinus taeda* (anos)**	**ANOVA**
19	versus	18	s
20	versus	18	s
23	versus	25	s
28	Versus	26	s

α = 5%; probabilidade = 95%
ns – não significativo
s - significativo

A análise das comparações entre a *Araucaria angustifolia* e o *Pinus taeda* neste estudo mostrou que a *Araucaria angustifolia* é superior em todas as idades quanto ao carbono armazenado no fuste inteiro nas idades de: 19 anos (4,64%); 20 anos (6,79%); 23 anos (10,18%); e com 28 anos (10,73%) conforme pode ser visualizado no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Comparação dos teores de carbono (%) do fuste por faixa etária em povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*



Fonte: adaptado de Geromini (2004); Tomaselli, 2005

O teor de carbono é a quantidade de carbono existente na massa seca. Os valores da literatura citam de 45 a 50% de carbono. Assim sendo uma tonelada de massa seca contêm em média, aproximadamente 0,5 toneladas de carbono (FRIZZO et al., 1998).

O teor médio de carbono para *Pinus taeda* encontrada neste estudo foi de 55,3% conforme Gráfico 07, sendo maior que a referenciada por outros autores em trabalhos realizados com o Pinus, como estudo realizado por Shumacher et al (2002), no estudo realizado por Peter, et al. (1996) apud MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, (2003b); Watzlawick (2003) encontrou uma média de 45,61% de carbono armazenado no fuste em Pinus taeda com idades 14, 16, 19, 21, 22, 23 e 32 anos sendo inferior á deste estudo.

Watzlawick et al. (2003) ao realizar estudo em povoamentos de *Pinus taeda* na região do Paraná, encontrou com 19 anos de idade 45,58% de carbono armazenado no fuste. Neste estudo, aos 18 anos de idade foi encontrado 59,24% de carbono armazenado no fuste, sendo superior ao estudo de Watzlawick, porém com idade menor.

No mesmo estudo em povoamentos de *Pinus taeda* para a idade de 23 anos Watzlawick et al. (2003) encontrou no fuste 45,38% de carbono armazenado mostrando-se inferior ás idades de

25 e 26 anos deste estudo que apresentaram 55,3% e 54,6% respectivamente de carbono armazenado, porém com idades diferentes.

Em povoamentos de *Araucaria angustifolia* com 24, 25 e 26 anos Weber et al., (2003), na região do Paraná encontrou no fuste 42,80%, 44,51% e 44,4% respectivamente de carbono armazenado. Neste estudo foi encontrado para as idades de 23 e 28 anos 60,93% e 60,32% de carbono armazenado no fuste, valores estes superiores aos do estudo de Weber, mas com idades diferentes. Mostrou ainda que a média de porcentagem de carbono armazenado em povoamentos de *Araucaria angustifolia* nas idades de 24, 25, 26, 30, 31, 32 e 33 anos é 44,18% sendo inferior á deste estudo que apresentou a média de 60,29%.

Estas diferenças tanto nos povoamentos de *Araucaria angustifolia* quanto no *Pinus taeda* pode ser influência de diversos fatores ou interação delas, como condições edafoclimáticas, material genético, tipo de manejo e do próprio método de quantificação de carbono. Faz-se então, necessário aferir a quantidade de carbono armazenado nas espécies, evitando generalizações e pressuposições incorretas, como a que estabelece que o percentual de carbono seja de 50%.

A escassez de trabalhos sobre este assunto se deve, em grande parte, ao trabalho que demanda os estudos de biomassa florestal seja de quantificação de carbono fixado ou pelo fato deste tema ser ainda recente.

6 CONCLUSÕES

O volume de madeira ou biomassa do *Pinus taeda* é superior quando comparado a *Araucaria angustifolia* nas idades de: 18 com 51,61% 19 anos com 42,65% de produtividade de volume e 27,72% para a idade de 20 anos.

A *Araucaria angustifolia* mostrou ser superior em volume nas idades: 23 anos com 7,96%; 25 anos com 8,12% ; 26 anos com 19,90% e 28 anos com 19,99% .

A densidade da biomassa quando comparadas demonstraram que os terços do fuste da *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* não diferem entre si, quanto a densidade da biomassa nas seguintes idades: 19 anos (araucaria) x 18 anos (Pinus), 20 anos (Araucaria) x 18 anos (Pinus), 23 anos (Araucaria) x 25 anos (Pinus) .Houve diferença significativa no TI do fuste nas idades 28 anos (Araucaria) x 26 anos (Pinus), sendo o TI do fuste do *Pinus taeda* superior em 7,17% quanto a densidade.

Quando comparado o fuste inteiro da Araucaria x Pinus, não houve diferença significativa quanto a densidade da biomassa nas idades: 19 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus), 20 anos (Araucária) x 18 anos (Pinus) e 23 anos (Araucária) x 25 anos (Pinus). A análise estatística demonstrou haver diferença significativa nas idades 28 anos (Araucária) x 26 anos (Pinus), sendo a densidade do fuste do *Pinus taeda* superior em 5,92% em relação a *Araucaria angustifolia*.

A comparação da biomassa do fuste demonstrou que o *Pinus taeda* é superior em todas as idades com: 126%,17; 109,60%; 81,13%; 81,58%; 46,59%; 44,78% e 24,98% para as idades 18, 19, 20, 23, 25 , 26 e 28 anos respectivamente. Esta superioridade pode ser em função de condições edafoclimáticas do sítio material genético e sistemas de manejo.

Na comparação do teor de carbono dos terços TI, TM, TS do fuste nos povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*, a *Araucaria angustifolia* foi superior.

A comparação do teor de carbono do fuste inteiro (kg/m³) nos povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* com diferentes idades demonstrou que a Araucária é superior em todas as idades e que o teor de carbono armazenado foi aumentando proporcionalmente à idade dos povoamentos (19 anos 4,64 %; 20 anos 6,79% ; 23 anos 10,18%; 28 anos 10,73%).

Nos povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda,* a produtividade do volume, o estoque de biomassa e o carbono variaram bastante em função das diferenças existentes entre as idades, também relacionadas às condições de manejo, como desbastes e densidade de indivíduos por hectare.

Com base nesta pesquisa, pode-se concluir que para uma mesma quantidade de biomassa de *Araucaria angustifolia e Pinus taeda* a concentração de carbono é superior na *Araucaria angustifolia*.

7 RECOMENDAÇÕES

Nos povoamentos florestais desenvolver estudos com diferentes idades de rotação em diferentes espécies;

Intensificar a pesquisa relacionada ao armazenamento de carbono em ecossistemas florestais em diferentes regiões.

Estudar e aprimorar técnicas que visem quantificar o verdadeiro valor da tonelada de carbono armazenado, para que assim possam ser comercializados os créditos em função das diferentes opções disponíveis para o manejo das plantações florestais, considerando o aspecto econômico, ambiental e principalmente social.

A fixação de carbono somente ocorre enquanto as árvores e a floresta estão crescendo, tornando-se assim importante e atrativo a recuperação dos ecossistemas naturais degradados, através de regeneração, adensamentos, aumentando a biomassa e consequentemente o estoque de carbono fixado.

Se for considerado somente o teor de carbono em uma mesma quantidade de biomassa de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*, recomenda-se a opção pelo plantio de *Araucaria angustifolia* devido apresentar uma maior concentação de carbono orgânico.

8 BIBLIOGRAFIA

ABIOLA, J.O. **La actividad forestal para el desarrolo sostenible: hacia el siglo** XXI. In: Actas Del XI. Congresso Forestal Mundial, 1997, Antalya.

ALECHANDRE, S.D.; BROWN, I.F.O: **Carbono nos Ecossistemas Brasileiro.** In: SCHWARTZMAN, S; MOREIRA, A G. **As mudanças Climáticas Globais e os Ecossistemas Brasileiros**. Brasília, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, The Woods Hole Reserach Center, Environmental Defense, 2000. P. 51-54

AMBIENTE BRASIL. **Ambiente Gestão Ambiental. Sequestro de Carbono**. Disponível em: < http://www.ambientebrasil.com.br/gestaoambiental > Acesso em 31 jan. 2005.

AMBIENTE BRASIL. **Ambiente Gestão Ambiental. Projetos realizados no Brasil** Disponível em: < http://www.ambientebrasil.com.br/gestaoambiental> Acesso em 10 Jan. 2005

AMBIENTE CARBONO. **Mudanças climáticas**; Evolução dos debates< www.ambientebrasil.com.br> acesso.com.11de jan/2005.

AUKLAND, L.; COSTA, P. M. **laying the foundations for Clean Development: preparing the Land use sector.** DFID Foresty Research Programme ZF0167 - March 2002 IIED, London.

AUKLAND, L.; MOURA COSTA, P.; BASS, S.; HUG, S.; LANDELL-MILLS, N.; TIPPER. R. & CARR, R**. Criando as bases para o desenvolvimento limpo: preparação do setor de gestão de uso da terra. Um guia rápido para o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)**. 2002. Londres. IIED. 40 p.

BALBINOT, R et al. **Determinação da quantidade e carbônico orgânico na biomassa aérea e subterrânea de um povoamento de Pinus taeda, com 10 anos de idade, na região de Cambará do Sul**. In: **8° Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul**. Rio Grande do Sul. Anais, 2001 p. 454-457.

BANZATTO, D.A. KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola.** São Paulo, FUNEP, 1995. p.247.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL (BNDS); MINISTERIO DA CIENCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Efeito Estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima. Rio de Janeiro**: BNDS, Departamento de Relações Institucionais, 1999. 38 p.

BANCO MUNDIAL. **Banco Mundial e PLANTAR assinam primeiro Projeto de Créditos de Carbono do Brasil.**Disponível:http// www.banco mundial.org.index.php/content/view_ document/1311.html<acesso.em.fev.2005.

BOLSA DE MERCADORIAS FUTUROS: **Novo Mercado Brasileiro de Redução de Emissões deve começar a ser negociado já em 2005.** Disponível em: <http//www.bmf. com. br/2004/pages/imprensadestaques/2004/dezembro/DestaqueCarbon>Acesso em:12.fev. 2005.

BRAWM, P.; KETE, N.; LIVERNASH, R. **Climate, biodiversity, and Forest: Isses and oportunities emerging from the Quioto protocol. United Nations development programme, 1998.** Disponível em: < http://www.wri.org/wri/human_nature.html> acesso em 27.10.2003.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Estimativa da Produção das Florestas Plantadas.**Disponível em < http // www. ct.gov.br/clima/comunic_old/forest05.htm.>Acesso em 28/mar/2005.
.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Emissões Totais de Co2 pelos solos devido às mudanças no uso da terra e manejo agrícola**. Disponível em: www.mct.gov.br/clima/ comunic_old/forest 07.htm. Acesso em: 28/out./2005.

BRASIL. C. L.; **Mitigação de gases de efeito estufa por meio do mecanismo de desenvolvimento (MDL).** Dissertação em Gestão Econômica do Meio-Ambiente. 91p. Universidade de Brasília. Brasília 2002.

BURGER, D. **Ordenamento florestal**. **I a produção florestal** 2. ed. Curitiba, Setor de Ciência Agrárias, Curso de Engenharia Florestal, 1976.

CALDEIRA, W.V.M; et al. **Carbono Orgânico em solos florestais.** In: SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICH, L.F.; BALBINOT, R.M.; ZILIOTO, M.A.B.; GOMES, F. DOS S. **As florestas e o Carbono**. Curitiba, 2002. p.191-213

CAMPOS, C. P. **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Quioto.** 2001. 77f. Dissertação (Mestrado em ciências em planejamento energético) – Curso de Pós-graduação em Ciência em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE H.G. **Mensuração Florestal Perguntas e Resposta.** Universidade federal de Viçosa, MG, 2002, 407p.

CN – RBMA – Projeto Inventário dos Recursos Florestias da Mata Atlântica.http://www.r bma.org.br/anuario/mata_03_anos de desttui...htm >Acesso em 02/fev/2006.

CARMO, C. A. F. S; MENEGUELLI, N. A.; ALVARENGA A. P.; LIMA J. A. S.; MOTTA, P. E. F. **Quantificação do Carbono Orgânico na Biomassa da Seringueira em Solos da Zona da Mata/MG**. As florestas e o Carbono. Curitiba, PR, Brasil. 2002, 264p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Florestais Brasileiras Recomendações silviculturais, potencialidades e uso da Madeira.** EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Florestas, Paraná, 640 p.1994.

CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S.; VALVERDE, S. R.; VIANA, E. C. **Quantificação e contabilização do estoque de carbono em povoamento de *Eucalyptus grandis*.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8. São Paulo, 2003. Anais... São Paulo: SBS/SBEF, 2003.v.2. CD ROM

CHANG MAN YU. **Seqüestro Florestal do carbono no Brasil – dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas**. Tese em meio Ambiente e Desenvolvimento. Curso de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2004.

CONVENÇÃO SOBRE A MUDANÇA DO CLIMA: **Entendo a mudança do clima: um guia para iniciantes da Convenção Quadro das Nações Unidas e seu Protocolo de Quioto.** Disponível em <http://www.mct.gov.br/clima/conven. > acesso em: 05 dez.2004.

DIXON, R. K.; WINJUN, J. K.; SROEDER, P. E.: Conservation and sequestration of carson. The potencial of forest and agroforest management practces.Global enuiromental change. New York, 1993.

EJEMPLOS DE SELECCIÓN DE ROTACIÓN. Disponível em:http//www.fb.fed.us/ research/publications/production_spanish/apen.i.pdf. acesso: 23 de agosto. 2004.

ELLERMAN, A.D.; JACOBU, H.D.; DECAUX, A. **The effects on developing countries of the Kyoto Protocol and CO2 emissions Trading.** Cambridge: Mit, 1998, 42 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

ENEAS, S.; SANTOS, A.; NOBRE, C. **As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros**. Disponível em: http://www.comciencia.br/reportagens/clima/ clima14 . htm Acesso em 24.jan.2004.

FBDS: **O Seqüestro de CO2 e o custo de reflorestamento com *Eucalyptus* e *Pinus* ssp no Brasil.** Disponível em <http//www.fbds.org.br/IMG/doc-11.rtf> acesso em 16. fev, 2003.

FINGER, C. A. S.; Fundamentos de Biometria Florestal. UFSM. 1992. 269 pg. Santa Maria/RG.

FOELKEL, C.E.B. **Método do máximo teor de umidade aplicado à determinação da densidade básica da madeira de Eucalytus spp.** IPEF, Piracicaba, pg. 65-74, 1971.

FONSECA, S.M.; ROCHA, M. T.: **O MDL e as florestas de Manguezal.** Disponível em <http//www.ead.fea.usp.br >acesso em 15. fev 2005

FORÚM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS: **Mudanças climáticas globais**: **Brasil em apoio ao planeta**. Brasília 2002. <http// www. Rachel/ clima /fórum brasileiro clima/publicação_forumclima>acesso em 27. nov. 2003.

FRIZZO, S.M.B. SILVA, M.G. **Composição química da madeira. In: apontamentos de química da madeira.** Santa Maria: UFSM/Departamento de Química, 1998. p. 3-17.

GALVÃO, A. P. M. (org.) **Reflorestamento de atividades Rurais para fins Produtivos e Ambientais.** Brasília: EMBRAPA, 2000. 351p.

Gases de Efeito Estufa. Disponível em: < http://www/geocities.com/Augusta/7135 /estufagases.htm> Acesso em 26 jan 2004.

GERHARDT, E. J., FINGER, C. A. G., LONGHI, S. J., SCHUMACHER, M. V., **Contribuição da ánalise multivarida na classificação de sítios em povoamentos de *Araucária angustifólia*** (Bert.) O.Ktze., Baseada nos fatores físicos e morfológicos do solo e no conteúdo de nutrientes da serapilheira. Revista Florestal, Santa Maria, v.11, n2, p.41-57, dez.2001.

GEROMINI M.P. ; **Analise qauntitativa do balanço de Carbono em empresa do setor florestal destinada a produção de molduras.** Dissertação, curso de Pós – graduação em Engenharia Ambiental, 117.p.FURB, Blumenau 2004.

GOLDEMBERG, J.; **S.O. S Planeta Terra – O efeito estufa.** São Paulo: Brasiliense, 1989, 72p.

GOLDEMBERG, J.; **O Brasil e as mudanças climáticas**. O estado de São Paulo, São Paulo, 12 dez. 1999.

GREENPEACE; **Protocolo de Kyoto sai fortalecido da 11ª Conferencia sobre Mudanças Climáticas**. Disponível emp:/www.greenpeace.org.br/clima/clima.php?conteudo_id=2448&sub_campanha=O> Acesso em 19 mar/2006

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J.B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao Manejo e Economia de Florestas.** Curitiba: UFPR, 1998. 162p.

HUEK, K. **As florestas da América do Sul.** São Paulo, Polígono, 1972, 466p.

INQUE, M. T. RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y.S. **Projeto Madeira do Paraná.** Curitiba. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984. 260 p. INSITUTO HORUS. Pinus taeda. Disponível em<http//www.insitutohorus.org.br/download/fichas/Pinus_taeda. htm. >Acesso em 11 mai. 2005

IMÓVEIS VIRTUAIS. **Seqüestro de Carbono**. Disponível em: <http: www.imoveisvirtuais. com.br/sequestrodecarbono.htm> Acesso em 11 fev. 2005.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA. **Perguntas e Respostas sobre Mudanças Climáticas.** Fundação Biblioteca Nacional, Belém, 2002.30p.

INSTITUTO HORUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. C**lassificação botânica do *Pinnus taeda***.http//www.institutohorus.org.br/download/ fichas / Pinus_toeda.htm Acesso em 11/maio/2055.

IPCC INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2001 – The Scientific Basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. HOUGHTON, J.T. et al. (eds) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. 200la.

IPCC INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2001 – impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of working group II to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change.** McCarthy, j.j; et al. (eds) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.2001b.

IWAKIRI, S. et al. **Produção de Compensados de Pinus taeda L e Pinus oocarpa Shiede com diferentes formulações de adesivo uréia formaldeído,** Revista Árvore, Viçosa, v.26, n.3, Maio/Junho 2002.

KOSKEKA, H., NYGREN, P., BERNINGER, F., LUUKKANEN, O.2000. **Tropical Forestry Reports: Implications of the Kyoto Protocol for tropical forest management and land use: Prospects and pitfalls.**University of Helsinki, Department of forest Ecology. Disponível em; < http//www.honeybee.helsinki.fi/tropic> em 14. fev.2005

KRONKA, francisca J. N. A cultura do Pinus no Brasil. Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. São Paulo. 160 pg.

KRONKA,S.;BANZATTO, D. A.; **Experimentação agrícola** 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995.

LADEIRA, H. P. **Quatro décadas de engenharia florestal no Brasil**. Viçosa/MG: SUPREMA, 2002. 207p.

MACHADO, S.A.; MELLO J.M.; BARROS, D.A; **Comparação entre métodos para a avaliação de volume total da madeira por unidade de área, para o pinheiro do Paraná, na região Sul do Brasil**. Cerne, V.6, p.55-66, 2000.

MANFRINATO, W.; VIANA, V. **Seqüestro de Carbono como parte de uma estratégia de desenvolvimento sustentável de bacias hidrográficas**. In: Workshop Mudanças Climáticas Globais e Agropecuária Brasileira, 1999, Jaguariaíva.

MARCHIORI, J. N.C. **Dendrologia das gimnospermas**. Santa Maria. Ed. da UFSM, 1996. 158p.

MENDES, L.M; SILVA, J. M.; TRUGILHA, P. F.; LIMA, J. T. et al**. Variação da densidade da madeira de Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl. No sentido longitudinal dos caules**. Cerne. Lavras, v.5, n.1, 111p, 1999.

MENCONI, D. **Exaustor natural**. Revista Isto é. Caderno: ciência e tecnologia/meio ambiente. Edição 1676. São Paulo, 14 de novembro de 2001.

MINISTERIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT: **Cartilha elaborada**. Disponível em <http:// www.mct.gov.br/clima/quioto/bndes.htm> acesso em 04 dez; 2004a

MINISTERIO DA CIENCIA E TECNOLOGIA – MCT: **Protocolo de Quioto à Convenção sobre Mudança do Clima**. Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores e PNUD/Brasil, 1999a.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. **Teor de Carbono.** Disponível em: <http//www.mct.gov.br/clima/comunic_old/forest06.htm>.Acesso em 28 out. 2003b.

MINISTERIO DA CIENCIA E TECNOLOGIA – MCT: **Protocolo de Quioto, a convenção sobre mudança do clima**. Disponível em: <http//www: mct.Gov.br/clima/comunic_old/ forest06.htm.>Acesso em: 05 dez.2004c.

MINISTERIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT: **Estimativa da produção das florestas plantadas.** Disponível em <http//www. ftp.mct.gov. br/clima/ comunic_old/ forest05.htm> acesso em 04 de dezembro de 2005 d.

MIGUEZ, J. M.; O Brasil e o Protoco de Quioto, in Cenbio Noticias, vol.3, n° 8, 2000.

MOREIRA, D. G.; SCHWARTZMAN, S. **As Mudanças Climáticas Globais e os Ecossistemas Brasileiros.** Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000,165p.

MOTTA, R. S. da; FERRAZ, C.; YOUNG, C. E. F.; AUSTIN, D.; FAETH, P. Texto para discussão 761: **Mecanismo de desenvolvimento limpo e o financiamento do desenvolvimento sustentável no Brasil**. Rio de janeiro 2000. 46p.

MOURA-COSTA, P. **Breve historia da evolução dos mercados de carbono**. Silvicultura. N.76.1998.(S.I.).

MUYLAERT, M.S. **Ética, equidade e Mudança do Clima**. D.sc.Coope/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. 2000.

NUTTO, L. **Manejo do crescimento diametrico de *araucária angustifólia* (bert.) O.Ktze.** Baseado na árvore individual.

OTTO, H.J. **Waldokologie**. Stuttgart, Ulmer, 1994, 391p.

PÉLLICO NETTO; S. BRENA D.A. **Inventário Florestal,** v.1. Curtibia, 1997.241p.

PROGRAMA DE PLANEJAMENTO ENERGETICO. **Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro – Metodologia Botton-up.** Disponível em:<http// www.ivig.coppe. ufrj. doc/bottom-up.pdf >acesso em: 20/ fev/ 2005.

RAVEM, P. H.; EVERT, R. F. & EICITHORNPS, E. 5ª edição, Guanabara Kaogan 128 pg. 1996.
REITZ, P.R; KLEIN,R.M.,**Araucariáceas**. Santa Catarina: Conselho Nacional de Pesquisa Departamento de Recursos naturais Renováveis, 1966.

REZENDE, D; MERLIN, S.; SANTOS, M. **Seqüestro de Carbono: uma experiência concreta**. 2 ed. Palmas: Instituto Ecológica, 2001. 178 p.

ROCHA, M. T.; MUNIZ M. J. D. **As diferentes abordagens econômicas para o problema do aquecimento global e dos mercados de carbono**. Disponível em:<http://www cepea.esalq.usp.br/zip/As¢20 diferentes%20abordagens. Pdf> Acesso em 20/fev./2005.

ROCHA, M.T. **Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono**. In: 2º SIMPOSIO LATINO AMERICANO SOBRE FIXAÇÃO DE CARBONO, Curitiba 2004. Anais. UFPR, 2004, P.39-53.

ROCHA, M.T. **Aquecimento Global e o Mercado de Carbono: uma aplicação do Modelo CERT.** Tese. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. **Área de Concentração. Economia Aplicada.** Piracicaba, 2003. 196 p.

ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamento (Estudo de caso: *Mimosa scabrella* Bentham, bracatinga).** Tese. Doutorado em Ciências Florestais – Universidade Federal do Paraná, 2001. Curitiba, UFPR, 200l. 86 p.

RODRIGUES, L. **Poluição à venda.** Revista Isto é. Caderno; ciência, tecnologia e meio ambiente/ecologia. Edição 1737. São Paulo, 15 de janeiro 2003.

ROLIM M. B.; FERREIRA M., **Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KUNTZE em função dos anéis de crescimento.** IPEF n.9, p 47-55, 1974.

SANQUETTA, C.R.; MATTEI, E. **Manejo racional da Floresta de Araucaria**. Revista Meio ambiente Santa Catarina. Florianópolis; v. 2, p.58, 2002a.

SANQUETTA, C.R.;TETTO A;F.; **Pinheiro-do Paraná: Lendas e Realidades** UFPR; Curitiba, 112.p. 2000b.

SANQUETTA C.R.; BALBINOT R.; **Metodologias para determinação de Biomassa Florestal.** In: SANQUETTA, C.R.; BALBINOT, R.; ZILIOTTO, M. A. B. Fixação de Carbono: Atualidades, Projetos e Pesquisas. Curitiba, 2004c. p 77-93.

SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. **A Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas**. Ciência florestal, v.10, n.1, p.85-93 ISSN 0103-9954, Santa Maria 2000.

SBS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **O setor florestal brasileiro: fotos e números**. São Paulo, 1998. 18p.

SCARLATO, F. C.; PONTIN, J. A; **Do nicho ao lixo: ambiente, sociedade e educação.** 11º ed. São Paulo: Editora atual S/A, 1998. 117p.

SCARPINELLA, G. D. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto. 2002.** 182 f. dissertação (mestrado em energia) – Curso de Pós-graduação em energia - PIPGE, universidade de São Paulo – USP.

SCHUMACHER, M.V; HOPPE,J.M. **A complexidade do ecossistemas**. Porto Alegre. Ed. Palloti, 1997a

SCHUMACHER, M.V.; VOGEL, H.L.M.; BARICHELLO, L.R.; CALDEIRA, M.V.W. **Quantificação do carbono orgânico em floresta de Acácia Mearnsii de Wild em diferentes idades**. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2.2001. Anais... Sta Maria, Rs, p.387-399, 2001b.

SCHUMACHER, M. V. **Estoque de carbono em florestas de Pinus taeda L. e Acácia mearnssi de Wild. Plantadas no estado do Rio Grande do Sul – Brasil.** In: SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICH, L.F. BALBINOT, R.M.; ZILLIOTO, M. A. B; GOMES, F dos S. (es). **As florestas e o carbono**. Curitiba. 2002c. p. 141-152.

SCHUMACHER, M.V. **Seqüestro de carbono em florestas plantadas**. Revista da Madeira. Curitiba, n. 76, p 88-90, set. 2003d.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. **Equações para estimar a quantidade de Carbono na Parte Aérea de Árvores de Eucalipto em Viçosa, Minas Gerais**. Revista Árvore v. 26, n.5, set./out. 2002.

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM (SPVS). **Conservação Ambiental e Sequestro de Carbono**. Disponível em:<http//www.spvs.org.br/download/seqüestro_ingles.pdf >acesso em:31 jan 2005.

SPINELLI, W.; SOUZA, M. H. **Introdução à estatística.** ABDR, 2001. São Paulo, 158p.

TAUTZ, C. **Mudanças Climáticas Globais. Revista ecológica e desenvolvimento**. São Paulo, n.103, dez 2002. Disponível em:< http://www2.uol.com.br/ecologia/pesquisa /public/ ecologia / cologia103destaque.htm > acesso em 02 jan 2004.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRG, Departamento de Solos/Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim Técnico; 5).

TOLEDO G. L.; OVALLE, I. I. **Estatística básica**. São Paulo, Editora ATLAS, S.A. 1992.

TOMASELLI I. **Comparação da qualidade da madeira de Araucaria angustifolia e Pinus Spp produzida em reflorestamentos.** In;. Problemas florestais do Gênero Araucaria. Encontro da IUFRO. Curitiba 1980.

TOMASELLI A. **Determinação da biomassa e Carbono em Povoamentos de *Araucária Augustifolia* (Bert.) O. ktze em Caçador, Santa Catarina,** Dissertação 2005 FURB, 152 p Curso de Pós Graduação em Emgenharia Ambiental , Blumenau 2005.

WATSON,R.T.;NOBRLE,I.R.;BOLIN,B.;RAVINDRANATH,N.H.VERDARDO,D.J;.DOKKEN ,D.J. **Land use, land-use change and foresty: a special report of the IPCC**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.377 p.

WATZLAWICK, L. F; BALBINOT, R.; WEBER, A. S; MELLO, A. A.; SANQUETTA, R.; **Variação nos teores de Carbono Orgânico em povoamentos de *Pinus Taeda* no Sul do Estado do Paraná**, Brasil. In: Simpósio Internacional de Gestão do Conhecimento. Curitiba, 2003.

WATZLAWICK, L.F. **Estimativa de biomassa e carbono em floresta ombrófila mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II**. 2003. 120f. (Doutorado em ciências florestais). Curso de pós-graduação em Engenharia Florestal. UFPR. Curitiba. 2003.

WEBER, K. S; SANQUETA, C. R; MELLO, A. A.; WATXLAWECK L. F. **Variação nos teores de Carbono Orgânico em povoamento de Araucária Angustifólia (Bert.) O.Ktze**. Revista Brasil Florestal, Brasília, v.22, nº 76, p.23-28, 2003.

WEHR, N. J.; FILHO, M. T. **Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de Raio X**. Sciencia Forestalis, n.58, p. 161-170, 2000.

WERKEMA, M. C. C.; AGUIAR, S.; Análise de regressão: **como entender o relacionamento entre as variáveis de um processo**. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 1996. 311 p.

ANEXOS

ANEXO A – Anexo A do Protocolo de Kyoto

Gases de Efeito Estufa

Dióxido de Carbono (CO_2)

Metano (CH_4)

Óxido nitroso (N_2O)

Hidrofluorcabonos (HFCs)

Perfluorcarbonos (PFCs)

Hexafluoreto de enxofre (SF_6)

Setores/categorias de fontes

Energia

Queima de combustível

Setor energético

Indústrias de transformação e de construção

Transportes

Outros setores

Outros

Emissões fugitivas de combustíveis

Combustíveis sólidos

Petróleo e gás natural

Outros

Processos industriais

Produtos minerais

Indústria Química

Produção de metais

Outras produções

Produção de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre

Consumo de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre

Outros

Uso de solventes e outros produtos

Agricultura

Fermentação entérica

Tratamento de dejetos

Cultivo de arroz

Solos agrícolas

Queimadas prescritas de savana

Queima de resíduos agrícolas

Outros

Resíduos

Disposição de resíduos sólidos na terra

Tratamento de esgoto

Incineração de resíduos

Outros

ANEXO B – Anexo B do Protocolo de Kyoto

Compromisso de redução ou limitação. Quantificada de emissões (porcentagem do ano base ou período).

Alemanha	92
Austrália	108
Áustria	92
Bélgica	92
Bulgária *	92
Canadá	94
Comunidade Européia	92
Croácia*	95
Dinamarca	92
Eslováquia*	92
Eslovênia *	92
Espanha	92
Estados unidos da América	93
Estônia*	92
Federação Russa*	100
Finlândia	92
França	92
Grécia	92
Hungria*	94
Irlanda	92
Islândia	110
Itália	92
Japão	94

Letônia*	92
Liechtenstein	92
Lituânia*	92
Luxemburgo	92
Mônaco	92
Noruega	101
Nova Zelândia	100
Países Baixos	92
Polônia*	94
Portugal	92
Reino Unido	92
República Tcheca*	92
Romênia*	92
Suécia	92
Suíça	92
Ucrânia*	100

APÊNDICES

APÊNDICE A – ANOVA para os terços do fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*

Tabela 1 – Análise estatística através da ANOVA, para o TI do fuste no tocante a densidade da biomassa *em Araucaria angustifolia* com 19 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 19 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	0,394	0,386
Valor Mínimo	0,375	0,313
Valor Máximo	0,408	0,452
Desvio Padrão	0,013	0,041
Coeficiente de Variação %	3,350	10,54
Amplitude	0,033	0,139

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P - Valor**
Variedades	01	0,000257	0,000257	0,242	0,6300*
Resíduos	15	0,015935	0,001062		

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,6300 > que 0,05), não houve diferença significativa em relação à densidade do fuste do terço inferior entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.

Tabela 2 – Análise estatística através da ANOVA, para o terço médio do fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* de 19 anos e *Pinus taeda* de 18 anos:

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 19 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	0,386	0,368
Valor Mínimo	0,373	0,313
Valor Máximo	0,403	0,406
Desvio Padrão	0,012	0,032
Coeficiente de Variação %	3,160	8,630
Amplitude	0,030	0,093

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,001249	0,001249	1,878	0,1908*
Resíduo	15	0,009976	0,000665		
Total	16	0,011224			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que ao nível de significância de 5% (p-valor 0,1908> que 0,05), não houve diferença significativa em relação à densidade dofuste no terço médio entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda.*

Tabela 3 – Análise estatística através da ANOVA, para o terço superior do fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* de 19 anos e *Pinus taeda* de 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 19 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	0,363	0,380
Valor Mínimo	0,327	0,334
Valor Máximo	0,392	0,448
Desvio Padrão	0,023	0,035
Coeficiente de Variação %	6,300	9,260
Amplitude	0,065	0,114

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,001419	0,001419	1,420	0,2489*
Resíduo	18	0,017988	0,000999		
Total	19	0,019407			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA, indicaram que, ao nível de significância de 5%(p-valor 0,2489 > que 0,05), não houve diferença significativa em relação a densidade do fuste no terço superior entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.

Tabela 4 – Análises estatísticas através da ANOVA, para o terço inferior do fuste no tocante à densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 20 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 20 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	0,395	0,386
Valor Mínimo	0,386	0,313
Valor Máximo	0,404	0,452
Desvio Padrão	0,007	0,139
Coeficiente de Variação %	1,830	10,536
Amplitude	0,018	0,139

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,000358	0,000358	0,353	0,5610*
Resíduo	15	0,015201	0,001014		
Total	16	0,015565			

α = 5% ;probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,5610 > que 0,05), não houve diferença significativa quanto a densidade da biomassa no terço inferior do fuste entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.

Tabela 5 – Análises estatísticas através da ANOVA, para o terço médio do fuste no tocante à densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 20 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 20 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	0,388	0,368
Valor Mínimo	0,376	0,313
Valor Máximo	0,398	0,406
Desvio Padrão	0,007	0,032
Coeficiente de Variação %	1,800	8,620
Amplitude	0,022	0,093

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,001575	0,001575	2,519	0,1333*
Resíduo	15	0,009377	0,000625		
Total	16	0,010952			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,1333 > que 0,05), não houve diferença significativa quanto à densidade do fuste no terço médio entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda.*

Tabela 6 – Análise estatística através da ANOVA, para o terço superior do fuste no tocante à densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 20 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 20 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	0,384	0,380
Valor Mínimo	0,364	0,334
Valor Máximo	0,406	0,448
Desvio Padrão	0,014	0,035
Coeficiente de Variação %	3,680	9,260
Amplitude	0,042	0,114

Causas de variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,000055	0,000055	0,062	0,8063*
Resíduo	18	0,016058	0,000892		
Total	19	0,01613			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,8063 > que 0,05) não houve diferença significativa quanto à densidade do fuste no terço superior, entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda.*

Tabela 7 – Análise estatística através da ANOVA, para o terço inferior do fuste no tocante à densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 23 anos e *Pinus taeda* com 25 anos

Análise estatística	***Araucaria angustifolia* 23 anos**	***Pinus taeda* 25 anos**
Média	0,383	0,391
Valor Mínimo	0,369	0,324
Valor Máximo	0,398	0,487
Desvio Padrão	0,010	0,035
Coeficiente de Variação %	2,700	9,040
Amplitude	0,029	0,163

Causas de variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,000426	0,000426	0,386	0,5374*
Resíduo	46	0,050720	0,001103		
Total	47	0,051146			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,5374 > que 0,05), não houve diferença significativa quanto a densidade do fuste no terço inferior entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.

Tabela 8 – Análises estatísticas através da ANOVA, para o terço médio do fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria Angustifolia* com 23 anos e *Pinus taeda* com 25 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 23 anos**	***Pinus taeda* 25 anos**
Média	0,378	0,376
Valor Mínimo	0,359	0,248
Valor Máximo	0,401	0,451
Desvio Padrão	0,015	0,033
Coeficiente de Variação %	3,930	8,800
Amplitude	0,042	0,203

Causas de variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,000046	0,000046	0,047	0,291*
Resíduo	45	0,043899	0,000976		
Total	46	0,043945			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,291 > que 0,05), não houve diferença significativa quanto a densidade do fuste no terço médio entre a *Araucaria Angustifolia* e *Pinus taeda*.

Tabela 9 – Análise estatística através da ANOVA, para o terço superior do fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 23 anos e *Pinus taeda* com 25 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 23 anos**	***Pinus taeda* 25 anos**
Média	0,367	0,352
Valor Mínimo	0,347	0,299
Valor Máximo	0,388	0,413
Desvio Padrão	0,014	0,027
Coeficiente de Variação %	3,950	7,670
Amplitude	0,041	0,114

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,001274	0,001274	1,934	0,1711*
Resíduo	45	0,029632	0,000658		
Total	46	0,030905			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que ao nível de significância de 5% (p-valor 0,1711 > que 0,05), não houve diferença quanto a densidade do fuste no terço superior entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda.*

Tabela 10 – Análise estatística através da ANOVA, para terço inferior do fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 28 anos e *Pinus taeda* com 26 anos

Análise estatística	***Araucaria angustifolia* 28 anos**	***Pinus taeda* 26 anos**
Média	0,388	0,418
Valor Mínimo	0,374	0,329
Valor Máximo	0,404	0,485
Desvio Padrão	0,011	0,033
Coeficiente de Variação %	2,730	8,000
Amplitude	0,030	0,156

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,005463	0,005463	5,410	0,0237*
Resíduo	56	0,056553	0,001010		
Total	57	0,062016			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0237 > que 0,05), houve diferença significativa quanto à densidade do fuste no terço inferior entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*, sendo a maior densidade para o *Pinus taeda*.

Tabela 11 – Análise estatísticas através da ANOVA, para o terço médio do fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 28 anos e *Pinus taeda* com 26 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 28 anos**	***Pinus taeda* 26 anos**
Média	0,384	0,405
Valor Mínimo	0,364	0,353
Valor Máximo	0,407	0,484
Desvio Padrão	0,015	0,030
Coeficiente de Variação %	3,940	7,370
Amplitude	0,043	0,131

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,002813	0,002813	3,426	0,0694*
Resíduo	57	0,046795	0,000821		
Total	58	0,049608			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0694 > que 0,05), não houve diferença quanto à densidade do fuste no terço médio entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.

Tabela 12 – Análise estatísticas através da ANOVA para o terço superior do fuste no tocante à densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 28 anos e *Pinus taeda* com 26 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 28 anos**	***Pinus taeda* 26 anos**
Média	0,371	0,389
Valor Mínimo	0,352	0,314
Valor Máximo	0,393	0,458
Desvio Padrão	0,015	0,031
Coeficiente de Variação %	3,940	7,930
Amplitude	0,041	0,144

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	1	0,001908	0,001908	2,201	0,1438*
Resíduo	53	0,045939	0,000867		
Total	54	0,047847			

α = 5 %; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5%(p-valor 0,1438 > que 0,05), não houve diferença significativa em relação a densidade do fuste no terço superior entre a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda.*

APÊNDICE B – ANOVA para o fuste inteiro no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia e Pinus taeda*

Tabela 13 – Análise estatística através da ANOVA para o fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 19 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 19 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	0,380	0,376
Valor Mínimo	0,365	0,331
Valor Máximo	0,399	0,423
Desvio Padrão	0,012	0,030
Coeficiente de Variação %	3,080	7,980
Amplitude	0,034	0,092

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,000112	0,000112	0,173	0,6822*
Resíduo	18	0,011613	0,000645		
Total	19	0,011725			

α = 5%; probabilidade= 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,6822 > que 0,05), não houve diferença significativa entre as espécies quanto a densidade da biomassa do fuste.

Tabela 14 – Análise estatística através da ANOVA para o fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 20 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifólia* 20 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	0,389	0,376
Valor Mínimo	0,379	0,331
Valor Máximo	0,395	0,423
Desvio Padrão	0,005	0,030
Coeficiente de Variação %	1,400	7,980
Amplitude	0,016	0,092

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,000815	0,000815	1,338	0,2626*
Resíduo	18	0,010969	0,000609		
Total	19	0,011784			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,2626 > que 0,05), não houve diferença significativa quanto a densidade da biomassa do fuste entre as espécies *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda.*

Tabela 15 - Análise estatística através da ANOVA para o fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 23 anos e *Pinus taeda* com 25 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 23 anos**	***Pinus taeda* 25 anos**
Média	0,376	0,373
Valor Mínimo	0,366	0,324
Valor Máximo	0,396	0,425
Desvio Padrão	0,010	0,025
Coeficiente de Variação %	2,720	6,710
Amplitude	0,030	0,101

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,000042	0,000042	0,074	0,7864*
Resíduo	46	0,025748	0,000560		
Total	47	0,025789			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,7864 > que 0,05), não houve diferença significativa entre as espécies quanto a densidade da biomassa do tronco entre *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda.*

Tabela 16 – Análise estatística através da ANOVA para o fuste no tocante a densidade da biomassa em *Araucaria angustifolia* com 28 anos e *Pinus taeda* com 26 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 28 anos**	***Pinus taeda* 26 anos**
Média	0,381	0,405
Valor Mínimo	0,372	0,332
Valor Máximo	0,401	0,459
Desvio Padrão	0,010	0,027
Coeficiente de Variação %	2,640	6,630
Amplitude	0,029	0,127

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	0,003523	0,003523	5,373	0,0240*
Resíduo	58	0,038024	0,000656		
Total	59	0,041547			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,7864 > que 0,05), houve diferença significativa entre as espécies quanto a densidade da biomassa do fuste.

APÊNDICE C – ANOVA para os terços do fuste no tocante a porcentagem de carbono entre *Araucaria angustifolia e Pinus taeda*

Tabela 17 – ANOVA para o TI do fuste no tocante a porcentagem de carbono entre *Araucaria angustifolia* com 19 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 19 anos**	***Pinus taeda*18 anos**
Média	58,12	55,6
Valor Mínimo	55,49	51,30
Valor Máximo	62,15	58,60
Desvio Padrão	2,57	2,46
Coeficiente de Variação %	4,41	4,42
Amplitude	6,66	7,30

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	27,1656	27,1656	4,349	0,0534*
Resíduo	16	99,9360	6,2460		
Total	17	127,101600			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0534 > que 0,05), não houve diferença significativa em relação a porcentagem de carbono no terço inferior do fuste entre a *Araucaria angustifoia* e *Pinus taeda*.

Tabela 18 – ANOVA, para o TM do fuste no tocante a porcentagem de carbono entre *Araucaria angustifolia* com 19 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 19 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	59,74	57,38
Valor Mínimo	56,66	53,30
Valor Máximo	62,94	60,30
Desvio Padrão	2,31	2,17
Coeficiente de Variação %	3,87	3,79
Amplitude	6,28	7,00

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	23,875359	23,875359	4,807	0,0435*
Resíduo	16	79,466935	4,966683		
Total	17	103,342294			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0435 < que 0,05), a *Araucaria Angustifolia e Pinus taeda* diferem entre si quanto à porcentagem de carbono no terço médio do fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono no terço médio do fuste da *Araucaria angustifolia* demonstrou ser 4,11% superior ao terço médio do fuste do *Pinus taeda*.

Tabela 19 – ANOVA para o TS do fuste no tocante a porcentagem de carbono entre *Araucaria angustifolia* com 19 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 19 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	59,86	56,34
Valor Mínimo	55,88	52,10
Valor Máximo	62,55	60,40
Desvio Padrão	2,68	3,07
Coeficiente de Variação %	4,48	5,45
Amplitude	6,67	8,30

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	46,285658	46,285658	5,507	0,0354*
Resíduo	13	109,263436	8,404880		
Total	14	155,549093			

α =5; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0354 < que 0,05), a *Araucaria angustifólia e Pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono no terço superior do fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono entre as espécies demonstrou que o terço superior do fuste da *Araucaria angustifolia* é superior com 6,24 % quando comparado ao *Pinus taeda*.

Tabela 20 – ANOVA para o TI do fuste no tocante a porcentagem de carbono em *Araucaria angustifolia* com 20 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 20 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	60,36	55,60
Valor Mínimo	57,06	51,30
Valor Máximo	62,15	58,60
Desvio Padrão	1,876	2,457
Coeficiente de Variação %	3,100	4,420
Amplitude	5,090	7,300

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	96,924178	96,924178	19,030	0,0005*
Resíduo	16	81,491600	5,093225		
Total	17	178,415778			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0005 < que 0,05), a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem quanto a porcentagem de carbono no terço inferior do fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono no terço inferior do fuste da *Araucaria angustifolia* demonstrou ser 8,56 % superior ao terço inferior do fuste do *Pinus taeda.*

Tabela 21 – ANOVA para o TM do fuste no tocante a porcentagem de carbono entre *Araucaria angustifolia* com 20 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria agustifolia* 20 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	61,17	57,38
Valor Mínimo	56,66	53,30
Valor Máximo	63,72	60,30
Desvio Padrão	2,469	2,175
Coeficiente de Variação %	4,040	3,790
Amplitude	7,060	7,000

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	60,602909	60,602909	11,557	0,0037*
Resíduo	16	83,898535	5,243658		
Total	17	144,501444			

α = 5%; 95 %= probabilidade

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0005 < que 0,05), a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono no terço médio do fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono para o terço médio do fuste da *Araucaria angustifolia* demonstrou ser 6,60 % superior ao terço do fuste do *Pinus taeda.*

Tabela 22 – ANOVA para o TS do fuste no tocante a porcentagem de carbono entre *Araucaria angustifolia* com 20 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatísticas	***Araucaria angustifolia* 20 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	60,42	56,34
Valor Mínimo	58,23	52,10
Valor Máximo	63,33	60,40
Desvio Padrão	1,879	3,07
Coeficiente de Variação %	3,11	5,45
Amplitude	5,10	8,30

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	62.179204	62.179204	9,266	0,0094
Resíduo	13	87,233236	6,710249		
Total	14	149,412440			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0005 < que 0,05), a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono no terço superior do fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono para o terço superior do fuste da *Araucaria angustifolia* demonstrou ser 7,24% superior ao terço superior do *Pinus taeda.*

Tabela 23 – ANOVA para o TI do fuste no tocante a porcentagem de carbono em *Araucaria angustifolia* com 23 anos e *Pinus taeda* com 25 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 23 anos**	***Pinus taeda* 25 anos**
Média	61,55	56,45
Valor Mínimo	58,93	52,10
Valor Máximo	63,72	59,70
Desvio Padrão	1,64	1,74
Coeficiente de Variação %	2,66	3,08
Amplitude	4,79	7,60

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	154,510078	154,510078	52,044	0,0000
Resíduo	44	130,630009	2,968864		
Total	45	285,140087			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0000 < que 0,05), as espécies *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono no terço inferior do fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono para o terço inferior do fuste da *Araucaria angustifolia* demonstrou ser 9,03% superior ao terço inferior do fuste do *Pinus taeda*.

Tabela 24 – ANOVA para o TM do fuste no tocante a porcentagem de carbono entre *Araucaria angustifolia* com 23 anos e *Pinus taeda* com 25 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 23 anos**	***Pinus taeda* 25 anos**
Média	60,87	53,88
Valor Mínimo	57,70	46,20
Valor Máximo	63,18	63,50
Desvio Padrão	1,722	4,86
Coeficiente de Variação %	2,83	9,02
Amplitude		

Usas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	290,466620	290,46620	13,952	0,0005
Resíduo	44	916,025774	20,818768		
Total	45	1206,49239			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0005 < que 0,05), a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem quanto a porcentagem de carbono no terço médio do fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono para o terço médio do fuste da *Araucaria angustifolia* demonstrou ser 12,97 % superior ao terço médio do fuste do *Pinus taeda*.

Tabela 25 – ANOVA para o TS do fuste no tocante a porcentagem de carbono em *Araucaria angustifolia* com 23 anos e *Pinus taeda* com 25 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 23 anos**	***Pinus taeda* 25 anos**
Média	60,38	55,64
Valor Mínimo	58,55	47,00
Valor Máximo	62,15	62,60
Desvio Padrão	1,691	3,88
Coeficiente de Variação %	2,80	6,98
Amplitude	3,60	15,60

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	132,690533	132,690533	9,929	0,0030
Resíduo	44	574,641232	13,363750		
Total	45	707,331764			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0030 < que 0,05), a *Araucária angustifolia* e Pinus taeda diferem quanto a porcentagem de carbono no terço superior do fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono no terço superior do fuste da *Araucaria angustifolia* demonstrou ser 8,51% superior ao terço superior do fuste do *Pinus taeda*.

Tabela 26 – ANOVA para o TI do fuste no tocante a porcentagem de carbono em *Araucaria angustifolia* com 28 anos e *Pinus taeda* com 26 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 28 anos**	***Pinus taeda* 26 anos**
Média	61,07	56,02
Valor Mínimo	58,34	51,00
Valor Máximo	63,80	61,60
Desvio Padrão	1,798	2,282
Coeficiente de Variação %	2,944	4,05
Amplitude	5,46	10,60

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	158,146972	158,146972	31,902	0,0000*
Resíduo	58	287,517688	4,957202		
Total	59	445,664660			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0000 < que 0,05), a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono no terço inferior do fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono para o terço inferior do fuste entre as espécies demonstrou que a *Araucaria angustifolia* é 9,01% superior ao terço inferior do fuste do *Pinus taeda*.

Tabela 27 – ANOVA para o TM do fuste no tocante a porcentagem de Carbono em *Araucaria angustifolia* com 28 anos e *Pinus taeda* com 26 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifólia* 28 anos**	***Pinus Taeda* 26 anos**
Média	60,26	55,00
Valor Mínimo	57,19	48,90
Valor Máximo	62,55	61,10
Desvio Padrão	1,706	2,831
Coeficiente de Variação %	2,83	5,15
Amplitude	5,36	12,20

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	170,356895	170,356895	22,814	0,0000*
Resíduo	56	418,154947	7,467053		
Total	57	588,511841			

α =5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0000 < que 0,05), a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono no terço médio do fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono para o terço médio do fuste entre as espécies demonstrou que a *Araucaria angustifolia* é 9,56% superior ao terço médio do fuste do *Pinus taeda*.

Tabela 28 – ANOVA para o TS do fuste no tocante a porcentagem de carbono em *Araucaria angustifolia* com 28 anos e *pinus taeda* com 26 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 28 anos**	***Pinus taeda* 26 anos**
Média	59,77	53,11
Valor Mínimo	57,96	45,70
Valor Máximo	61,53	61,20
Desvio Padrão	1,678	3,616
Coeficiente de Variação %	2,81	6,81
Amplitude	3,57	15,50

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	270,420697	270,420697	22,744	0,0000*
Resíduo	52	618,269824	11,889804		
Total	53	888,690520			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0000 < que 0,05), a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono no terço superior do Fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono para o terço superior do fuste entre as espécies, demonstrou que *Araucaria angustifolia* é 12,54% superior ao fuste do *Pinus taeda*.

APÊNDICE D – ANOVA para o fuste inteiro no tocante a porcentagem de carbono entre A*raucaria angustifolia e Pinus taeda*

Tabela 29 – ANOVA para o fuste no tocante a porcentagem de carbono em *Araucaria angustifolia* com 19 anos *e Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 19 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	59,24	56,61
Valor Mínimo	56,40	54,00
Valor Máximo	61,24	59,05
Desvio Padrão	1,996	1,647
Coeficiente de Variação %	3,37	2,91
Amplitude	4,84	5,05

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	29,568509	29,568509	9,273	0,0077*
Resíduo	16	51,016691	3,188543		
Total	17	80,585200			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0077 < que 0,05), a *araucaria angustifolia* e *pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono no fuste.

A análise do percentual médio do teor de carbono para o fuste entre as duas espécies revelou que a maior concentração de carbono se encontra no fuste da *Araucaria angustifolia* com 4,64% a mais de carbono armazenado.

Tabela 30 – ANOVA para o fuste no tocante a porcentagem de carbono em *Araucaria angustifolia* com 20 anos e *Pinus taeda* com 18 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 20 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	60,64	56,78
Valor Mínimo	58,23	54,00
Valor Máximo	62,02	59,30
Desvio Padrão	1,265	1,725
Coeficiente de Variação %	2,08	3,04
Amplitude	3,79	5,30

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	65,977600	65,977600	26,500	0,0001*
Resíduo	17	42,325252	2,489721		
Total	18	108,302853			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0001 < que 0,05), a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono fuste.

A análise do percentual médio do carbono para o fuste entre as duas espécies revelou que a maior concentração de carbono se encontra no fuste da *Araucaria angustifolia* com 6,79% a mais de carbono armazenado.

Tabela 31 – ANOVA para o fuste no tocante a porcentagem de carbono em *Araucaria angustifolia* com 23 anos e *Pinus taeda* com 25 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 23 anos**	***Pinus taeda* 25 anos**
Média	60,93	55,30
Valor Mínimo	58,42	50,90
Valor Máximo	62,54	59,20
Desvio Padrão	1,331	2,195
Coeficiente de Variação %	2,18	3,97
Amplitude	4,12	8,30

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	188,692341	188,692341	42,874	0,0000*
Resíduo	44	193,648930	4,401112		
Total	45	382,341272			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0000 < que 0,05), a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono no fuste.

A análise do percentual médio de carbono para o fuste entre as duas espécies revelou que a maior concentração de carbono se encontra no fuste da *Araucaria angustifolia* com 10.18% a mais de Carbono armazenado.

Tabela 32 – ANOVA para o fuste no tocante a porcentagem de carbono em *Araucaria angustifolia* com 28 anos e *Pinus taeda* com 26 anos

Análise Estatística	***Araucaria angustifolia* 19 anos**	***Pinus taeda* 18 anos**
Média	60,36	54,51
Valor Mínimo	57,80	50,20
Valor Máximo	61,90	60,50
Desvio Padrão	1,355	2,10
Coeficiente de Variação %	2,24	3,86
Amplitude	4,10	10,30

Causas de variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P-valor**
Variedades	01	204,268746	204,268746	49,901	0,0000*
Resíduo	46	188,301045	4,093501		
Total	47	392,569792			

α = 5%; probabilidade = 95%

Os resultados obtidos através da ANOVA indicaram que, ao nível de significância de 5% (p-valor 0,0000 < que 0,05), a *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* diferem entre si quanto a porcentagem de carbono no fuste. A análise do percentual médio de carbono para o fuste entre as duas espécies revelou que a maior concentração de carbono se encontra no fuste da *Araucaria angustifolia* com 10,73 % a mais de carbono armazenado.