

ALEXANDRE BEUTLING

**CARACTERIZAÇÃO PARA MODELAGEM DE MATERIAL
COMBUSTÍVEL SUPERFICIAL EM REFLORESTAMENTOS DE
Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr Antonio Carlos Batista

CURITIBA


2005




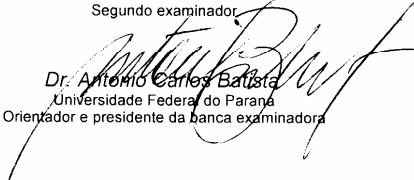
Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER
Defesa nº. 590

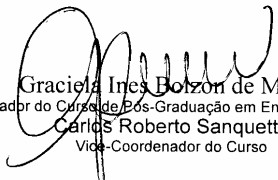
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Alexandre Beutling* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**Caracterização para modelagem de material combustível superficial em reflorestamento de *Araucaria angustifolia* (Bertol) O. Kuntze**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de **Mestre** em Engenharia Florestal, área de concentração em **CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**.


Dr. Guido Assunção Ribeiro
Universidade Federal de Viçosa
Primeiro examinador


Dr. Leocadio Grodzki
IAPAR/SIMEPAR
Segundo examinador


Dr. Antonio Carlos Batista
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 17 de março de 2005.


Graciela Ines Bolzon de Muniz
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Carlos Roberto Sanquetta
Vice-Coodenador do Curso

Aos meus pais,

Gerhard Beutling e Beti Aneli Beutling

Sem vocês teria sido difícil...

Aos meus irmãos,

Cássio e Felipe

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar em segurança nestes dois anos e 8000 km a bordo de uma bicicleta, meu meio de transporte diário.

Ao Professor Antonio Carlos Batista, não somente pela orientação, mas principalmente pelo incentivo e amizade.

Ao amigo e Professor Ronaldo Viana Soares, pela atenção e sugestões sempre bem vindas.

Ao amigo Professor Marcelo Vitorino Diniz, por sugerir a realização do Mestrado e pelas críticas construtivas.

Ao amigo e colega de curso, Engenheiro Florestal José Renato Soares Nunes, sempre disposto a ajudar, obrigado pelos esclarecimentos de estatística.

Ao amigo Engenheiro Florestal Luis Antonio Mota Nunes de Melo “Manaus”, pelas discussões em sala e pelas idéias práticas levadas ao campo.

Ao Sr. Emílio Einsfeld Filho, por acreditar neste trabalho e fornecer auxílio financeiro até a obtenção da bolsa de estudo.

À Florestal Gateados, por permitir as atividades de campo e fornecer apoio à realização das mesmas. Ao Sr. Valdir, ao Elson e ao Elizeu (companheiros de campo), ao Engenheiro Florestal Rodrigo Ramos e todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

A você Lorena, que se mostrou especial e importante em tão pouco tempo de convivência, incentivando cada momento, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E LISTA DE SIGLAS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DA LITERATURA	03
2.1 FOGO E INCÊNDIO	03
2.2 INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	05
2.3 COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS.....	07
2.3.1 Localização dos Combustíveis Florestais.....	08
2.3.2 Caracterização dos Combustíveis Florestais	09
2.3.2.1 Quantidade de material combustível	09
2.3.2.2 Tipo de material combustível	10
2.3.2.3 Arranjo do material combustível.....	12
2.3.3 Umidade do Material Combustível	13
2.3.3.1 <i>Timelag</i> ou tempo de resposta	14
2.3.4 Inflamabilidade e Combustibilidade.....	16
2.3.5 Influência do Material Combustível no Comportamento do Fogo	18
2.3.6 Modelagem do Combustível Florestal	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.1.1 Especificações dos Povoamentos	25
3.2 METODOLOGIA DE TRABALHO	26
3.2.1 Material Utilizado na Fase de Campo	27

3.2.2	Descrição dos Povoamentos.....	28
3.2.3	Distribuição das Parcelas Amostrais nas Áreas de Estudo.....	32
3.2.4	Coleta de Material Combustível.....	34
3.2.5	Material Utilizado no Laboratório.....	37
3.2.5.1	Sequência de trabalho.....	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	ÁREA BASAL	39
4.2	ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE.....	42
4.3	DENSIDADE DE CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL TOTAL.....	46
4.4	ESPESSURA DA LITEIRA.....	49
4.5	CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL	53
4.5.1	Carga Total de Material Combustível Verde (vivo).....	55
4.5.2	Carga Total de Material Combustível Seco (morto)	58
4.6	CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL POR CLASSE DE DIÂMETRO	61
4.6.1	Classes de Diâmetro do Material Combustível Verde (vivo)	62
4.6.2	Classes de Diâmetro do Material Combustível Seco (morto)	63
4.6.3	Proporção Representativa das Classes de Diâmetro do Material Combustível (%).....	65
4.7	ANÁLISE INDIVIDUAL DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL	67
4.8	CORRELAÇÕES	93
4.9	MODELOS PARA ESTIMATIVA DA CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	94
4.9.1	Modelos para Estimativa da Carga de Material Combustível Verde (vivo)	95
4.9.2	Modelos para Estimativa da Carga de Material Combustível Seco (morto).....	95
4.9.3	Modelos para Estimativa da Carga Total de Material Combustível no Reflorestamento de Araucária Estudado.....	97
4.10	PADRÃO DE COMBUSTÍVEL APRESENTADO PELOS POVOAMENTOS DE ARAUCÁRIA DE ACORDO COM A IDADE DO REFLORESTAMENTO.....	99
5	CONCLUSÕES	104
	REFERÊNCIAS	105
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	109
	APÊNDICE	110

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - ÁREA BASAL.....	40
TABELA 2 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - ÁREA BASAL	40
TABELA 3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE	43
TABELA 4 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE.....	44
TABELA 5 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - DENSIDADE DE CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	47
TABELA 6 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - DENSIDADE DE CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL	47
TABELA 7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - ESPESSURA DA LITEIRA	50
TABELA 8 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - ESPESSURA DA LITEIRA	51
TABELA 9 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL”	54
TABELA 10 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK – CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	54
TABELA 11 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA – CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE (VIVO)	56
TABELA 12 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK – CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE	56
TABELA 13 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO (MORTO).....	58
TABELA 14 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK – CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO.....	59
TABELA 15 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “HERBÁCEO”.....	68

TABELA 16 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “HERBÁCEO”	68
TABELA 17 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “V1”	70
TABELA 18 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “V1”	71
TABELA 19 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “V2”	73
TABELA 20 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “V2”	74
TABELA 21 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “V3”	76
TABELA 22 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “MISCELÂNEA”	77
TABELA 23 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “MISCELÂNEA”	78
TABELA 24 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “S1”	80
TABELA 25 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “S1”	81
TABELA 26 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “S2”	83
TABELA 27 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “S2”	84
TABELA 28 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “S3”	85
TABELA 29 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “S3”	86
TABELA 30 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “S4”	87
TABELA 31 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “ESTRÓBILO”	88
TABELA 32 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “ESTRÓBILO”	89
TABELA 33 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “GRIMPA”	90
TABELA 34 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “GRIMPA”	91

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - TEMPO DE RESPOSTA DOS COMBUSTÍVEIS DE ACORDO COM SUA CATEGORIA DE TAMANHO	15
QUADRO 2 - COMPARAÇÃO ENTRE INFLAMABILIDADE E COMBUSTIBILIDADE	18
QUADRO 3 - PROJETOS SELECIONADOS PARA ESTUDO	26
QUADRO 4 - READEQUAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	32
QUADRO 5 - NÚMERO DE PARCELAS COLETADAS POR CLASSE DE IDADE DOS PROJETOS SELECIONADOS	34
QUADRO 6 - ÁREA BASAL ($m^2 \cdot ha^{-1}$)	39
QUADRO 7 - ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE (m)	43
QUADRO 8 - DENSIDADE DE CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL TOTAL ($g \cdot cm^{-3}$)	46
QUADRO 9 - ESPESSURA DA LITEIRA (cm)	50
QUADRO 10 - CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL ($ton \cdot ha^{-1}$)	53
QUADRO 11 - CARGA TOTAL DO MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE	55
QUADRO 12 - CARGA TOTAL DO MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO	58
QUADRO 13 - VALORES MÉDIOS DE CARGA ($g \cdot m^{-2}$) DAS CLASSES DE DIÂMETRO DE ACORDO COM A IDADE DOS POVOAMENTOS	61
QUADRO 14 - COMPARAÇÃO DAS PROPORÇÕES (%) DE CARGA EXISTENTES PARA CADA CLASSE DE DIÂMETRO EM RELAÇÃO ÀS IDADES DOS POVOAMENTOS	65
QUADRO 15 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “HERBÁCEO” ($g \cdot m^{-2}$)	67
QUADRO 16 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “V1” ($g \cdot m^{-2}$) ..	70
QUADRO 17 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “V2” ($g \cdot m^{-2}$) ..	73
QUADRO 18 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “V3” ($g \cdot m^{-2}$) ..	75

QUADRO 19 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “MISCELÂNEA” (g.m ⁻²)	76
QUADRO 20 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “S1” (g.m ⁻²)...	80
QUADRO 21 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “S2” (g.m ⁻²)...	83
QUADRO 22 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “S3” (g.m ⁻²)...	85
QUADRO 23 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “S4” (g.m ⁻²)...	87
QUADRO 24 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “ESTRÓBILO” (g.m ⁻²)	88
QUADRO 25 - CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “GRIMPA” (g.m ⁻²).....	90
QUADRO 26 - CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS ENTRE VARIÁVEIS DO POVOAMENTO E IDADE.....	93
QUADRO 27 - CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS ENTRE VARIÁVEIS DO POVOAMENTO E ÁREA BASAL	94
QUADRO 28 - PADRÃO DE COMBUSTÍVEL DOS POVOAMENTOS ESTUDADOS DE ACORDO COM A IDADE.....	100
QUADRO 29 - MODELO ESTÁTICO DE COMBUSTÍVEL DOS POVOAMENTOS DE ARAUCÁRIA ESTUDADOS.....	103

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - ÁREA BASAL EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS.....	41
GRÁFICO 2 - ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS.....	45
GRÁFICO 3 - DENSIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS	48
GRÁFICO 4 - ESPESSURA DA LITEIRA EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS	52
GRÁFICO 5 – CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE (VIVO) EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS	57
GRÁFICO 6 - CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO (MORTO) EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS	60
GRÁFICO 7 - CARGA DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE (g.m ²)	63
GRÁFICO 8 - CARGA DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO (g.m ²).....	64
GRÁFICO 9 - CARGA DA CLASSE “HERBÁCEO” EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS	69
GRÁFICO 10 - CARGA DA CLASSE “V1” EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS.....	72
GRÁFICO 11 - CARGA DA CLASSE “MISCELÂNEA” EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS	79
GRÁFICO 12 - CARGA DA CLASSE “S1” EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS.....	82
GRÁFICO 13 - CARGA DA CLASSE “GRIMPA” EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS	92
GRÁFICO 14 - ESTIMATIVA DA CARGA TOTAL DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS VERDE E SECO EM ESCALA TEMPORAL.....	97

GRÁFICO 15 - ESTIMATIVA DA CARGA DE COMBUSTÍVEL FLORESTAL NOS POVOAMENTOS DE ARAUCÁRIA, DE ACORDO COM OS MODELOS DESENVOLVIDOS	98
--	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - TRIÂNGULO DO FOGO.....	04
FIGURA 2 - COMBINAÇÃO DE TRIÂNGULOS RELATIVOS A OCORRÊNCIA E PROPAGAÇÃO DO FOGO	05
FIGURA 3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPO BELO DO SUL EM RELAÇÃO AO BRASIL E AO ESTADO DE SANTA CATARINA.....	24
FIGURA 4 - GABARITO UTILIZADO PARA DELIMITAR A ÁREA DAS PARCELAS AMOSTRAIS	28
FIGURA 5 - CALIBRADOR DE DIÂMETRO UTILIZADO PARA SEPARAR AS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL	28
FIGURA 6 – FOTOS DOS POVOAMENTOS	31

1 INTRODUÇÃO

No cenário florestal mundial, os incêndios florestais destacam-se por possuírem grande potencial de destruição. Há décadas o fenômeno fogo vem sendo estudado e, à medida que as florestas foram ganhando importância econômica, evidenciaram-se as necessidades de pesquisas mais específicas. O aumento significativo das ocorrências de incêndios, tanto em áreas nativas quanto em reflorestamentos, reforçam os motivos de preocupação para com estes eventos.

Atualmente, tem-se conhecimento de que as culturas homogêneas são mais suscetíveis ao estabelecimento de pragas, doenças e incêndios onde, nestas, o fogo é responsável direto por prejuízos de ordem econômica e social muitas vezes incalculáveis. Assim, planos de prevenção e combate aos incêndios florestais demonstram-se cada vez mais importantes e necessários. Estudos sobre os incêndios, considerando as diferentes condições apresentadas pelos mais variados locais, evidenciam os diversos fatores responsáveis pelo comportamento do fogo, dentre os quais, e de fundamental importância, o material combustível.

Conhecer o material combustível existente em uma determinada área fornece noções sobre risco de incêndio e comportamento do fogo nesta localidade. Estando o material combustível diretamente relacionado com o tipo de vegetação predominante em uma região, é possível perceber que existem diferenças significativas com relação às características das ocorrências do fogo. Ainda que condições climáticas e topográficas exerçam influências sobre o comportamento dos incêndios, o material combustível é, sem dúvida, um dos fatores de maior importância nesta caracterização. O complexo processo da reação em cadeia oriundo da combustão permite afirmar que dois incêndios nunca são iguais. Entretanto, o estabelecimento de cenários com base em valores reais e parâmetros estatísticos conhecidos, possibilitam a geração de padrões médios de carga dos combustíveis florestais que, em conjunto com valores de topografia e caracterização das condições climáticas, permitem estimativas sobre o provável comportamento do fogo.

Quando se estuda material combustível, objetiva-se conhecer as variáveis que influenciam o fenômeno fogo. De uma maneira geral, o fogo é a expressão de um conjunto de fatores físicos e químicos inerentes ao próprio material combustível, dependente dos aspectos climáticos, topográficos e da cobertura vegetal. Cada componente exerce maior ou menor influência sobre esse fenômeno e conhecer a expressividade destas variáveis sobre o fogo torna as previsões mais precisas e conseqüentemente mais seguras.

Em se tratando de espécies comerciais, pinus e eucaliptos possuem estudos mais aprofundados na questão dos incêndios florestais. A quantificação e caracterização dos materiais combustíveis, bem como a predição do comportamento do fogo com base em modelos matemáticos, além de técnicas de prevenção e manejo do fogo nestes tipos de povoamento são práticas conhecidas atualmente. Entretanto, para as plantações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, estas informações ainda não estão disponíveis, o que evidencia a importância deste estudo. Além disso, plantios experimentais têm sido conduzidos por empresas visando uma avaliação do potencial desta espécie e sua futura utilização como matéria prima da indústria madeireira.

Este trabalho teve como objetivo principal analisar o material combustível existente em um reflorestamento de *Araucaria angustifolia* com 5 diferentes classes de idade, a fim de apresentar um padrão de combustível que caracterize estes povoamentos e propor o modelo estático de combustível em função das idades do plantio.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 FOGO E INCÊNDIO

Apesar dos vários conceitos recebidos e muitas vezes até mesmo a utilização errônea de sinonímia entre estes dois termos, para este estudo é importante deixar claro que fogo é o fenômeno físico em si, enquanto que incêndio é a ocorrência do mesmo de forma descontrolada.

O mini-dicionário Aurélio (FERREIRA, 1985, p. 225) cita a palavra fogo como “desenvolvimento simultâneo de calor e luz, que é produto da combustão de materiais inflamáveis”.

SOARES (1985, p. 20) conceituou fogo como “(...) o termo aplicado ao fenômeno físico resultante da rápida combinação entre o oxigênio e uma substância qualquer (madeira, por exemplo), com produção de calor, luz e, geralmente, chamas.”

GAYLOR (1974, p. 81) afirmou que o fogo, ou o processo de combustão, é uma reação química de rápida oxidação e é acompanhada pela produção de calor e luz.

Por outro lado, a palavra incêndio é definida como “fogo que lavra com intensidade, destruindo e, às vezes, causando prejuízos” (FERREIRA, 1985, p. 261).

SOARES (1985, p. 27) definiu incêndio florestal como sendo o “(...) fogo incontrolado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de materiais combustíveis existentes em uma floresta.”

A combustão é um dos muitos processos de oxidação existentes na natureza e que se caracteriza por reações em cadeia que ocorrem rapidamente em altas temperaturas. “Definindo-se mais precisamente, combustão é uma reação química exotérmica relativamente rápida entre o oxigênio e uma substância química qualquer.” BATISTA (1990, p. 05).

Nas publicações de GOLDAMMER (1982, p. 12), CIANCIULLI (1981, p. 51), BATISTA (1990, p. 05) e SOARES (1985, p. 23) observaram-se referências ao “triângulo do fogo”, que é a representação dos elementos básicos da combustão.

Segundo esses autores, para que ocorra o processo de combustão é necessário a união de três elementos: calor, oxigênio (comburente) e material combustível (Figura 1).

FIGURA 1 – TRIÂNGULO DO FOGO

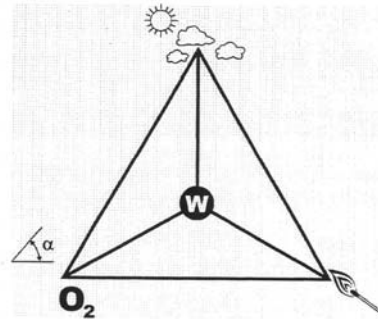


FONTE: VESPER – Estudo Orientado (2004)

A eliminação ou ausência de qualquer um dos elementos do triângulo impede a ocorrência da combustão (BATISTA, 1995, p. 06), tornando impossível a ignição ou a propagação do fogo (CIANCIULLI, 1981, p. 51).

SOUZA (2000, p. 12) enfatizou, de forma ainda mais detalhada, a importância do triângulo do fogo, não somente para o processo de combustão, mas também nos processos envolvendo prevenção e combate de incêndios florestais, referindo-se a uma “pirâmide” formada pela junção de três triângulos: 1 – Triângulo do fogo; 2 – Triângulo do comportamento do fogo (formado pelas condições do tempo, topografia e material combustível); 3 – Triângulo do regime de fogo (formado pelo agente de ignição, material combustível e condições para queimar). Esta pirâmide constitui a base para ocorrência e propagação do fogo, ou seja, seus elementos constituintes são os responsáveis pela caracterização do comportamento do fogo (Figura 2). Faz-se necessário mencionar que o material combustível é o único elemento comum aos 3 triângulos, evidenciando sua importância no fenômeno fogo.

FIGURA 2 – COMBINAÇÃO DE TRIÂNGULOS RELATIVOS A OCORRÊNCIA E PROPAGAÇÃO DO FOGO



FONTE: SOUZA (2000)

2.2 INCÊNDIOS FLORESTAIS

De uma maneira geral, os incêndios florestais são responsáveis por sérios danos. Quando limitados às áreas de florestas, sejam elas plantadas ou naturais, suas consequências recaem sobre a flora e fauna de forma direta, afetando o ecossistema e o equilíbrio da área atingida, excetuando-se os casos em que os biomas são dependentes do fogo para sua sobrevivência e perpetuação. Porém, quando os incêndios atingem áreas de influência antrópica, os prejuízos, tanto materiais mas, principalmente humanos, podem ser incalculáveis.

VÉLEZ (2000, p. 2.4), com base em várias fontes de pesquisa, mencionou as regiões e as médias estimadas das áreas que queimaram anualmente no período de 1981 a 1990, registrando valores de 9.360 ha na Europa Setentrional e Central, 437.650 ha na Europa Meridional e mais de 3 milhões de hectares na América do Norte, entre outras regiões.

Anualmente, registram-se cerca de 45 000 incêndios nas florestas da Europa. Entre 1989 e 1993, na zona mediterrânica do continente, 2,6 milhões de hectares florestais foram destruídos pelo fogo, o equivalente ao desaparecimento de um território com a dimensão da Bélgica a cada cinco anos (COMISSÃO EUROPÉIA, 2004).

No verão de 2003, nos Estados Unidos, os incêndios florestais foram responsáveis pelo consumo de 2,5 milhões de hectares, desde os territórios do Alaska até o Novo México, e os custos estimados para o combate no ano em questão foram da ordem de US\$ 1,5 bilhão (AGÊNCIA EFE, 2004). Em 2002, os custos de combate aos incêndios chegaram a US\$ 1,6 bilhão, enquanto que o ano findava com uma área queimada de aproximadamente 7,2 milhões de acres (cerca de 2,9 milhões de hectares) (REY, 2003).

Em Portugal, entre 1º de janeiro e 30 de setembro de 2003, 390.146 ha queimaram. Destes, 262.909 ha eram áreas de plantios florestais e 127.237 ha de florestas nativas (PORTUGAL, 2003).

No sul do México, 11.448 focos de incêndios foram responsáveis pela queima de uma área de 657.600 acres (aproximadamente 266.122 hectares) no ano de 1998 (USDA, 2004).

No Brasil, no ano de 1998, somente o estado de Roraima teve uma área queimada de 1.500.000 ha (VÉLEZ, p. 22.6). SERENZA (2003) mencionou os resultados obtidos pela Operação Mata fogo¹ no ano de 2003, afirmando:

A Operação Mata Fogo, realizada no período de junho a outubro deste ano [2003], registrou 861 focos de incêndio em campos e matas, que provocaram a queima de 8.374,84 hectares no Estado de São Paulo. Estes números indicam um aumento de 665,12 hectares de áreas queimadas em relação ao ano de 2002, quando o total queimado foi de 7.709,72 hectares. O número de focos de incêndio registrados, no entanto, foi menor que os 5.409 registrados no ano anterior.

(...) Segundo o levantamento, a área queimada em 2003 é maior também que a registrada em 2001, quando foram queimados 8.067,53 hectares de vegetação no Estado, em consequência de 4.460 focos de incêndio. As maiores ocorrências nos últimos três anos, no entanto, foram registradas no ano de 2000, quando 9.009,53 hectares foram consumidos pelo fogo em 3.424 ocorrências.

Este ano [2003], o tipo de vegetação mais atingido foi o campo, com 8.058,95 hectares. (...) Em 2003 foram registradas grandes ocorrências de incêndio no mundo todo. No Brasil começaram a surgir focos de incêndio [focos de calor] desde janeiro, com uma das mais longas ocorrências registradas na região do Pantanal. O Estado de Roraima ardeu praticamente por 50 dias e o extremo nordeste do Amazonas também foi atingido. Foram registrados focos de

¹ A Operação Mata Fogo é uma das ações desenvolvidas pelo Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais – DEPRN, órgão da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, nos meses mais frios do ano, quando a falta de chuvas propicia a ocorrência de incêndios florestais.

incêndio, ainda, em Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Piauí e Ceará. Apenas no mês de outubro os satélites registraram 43.518 focos de fogo em todo o país.

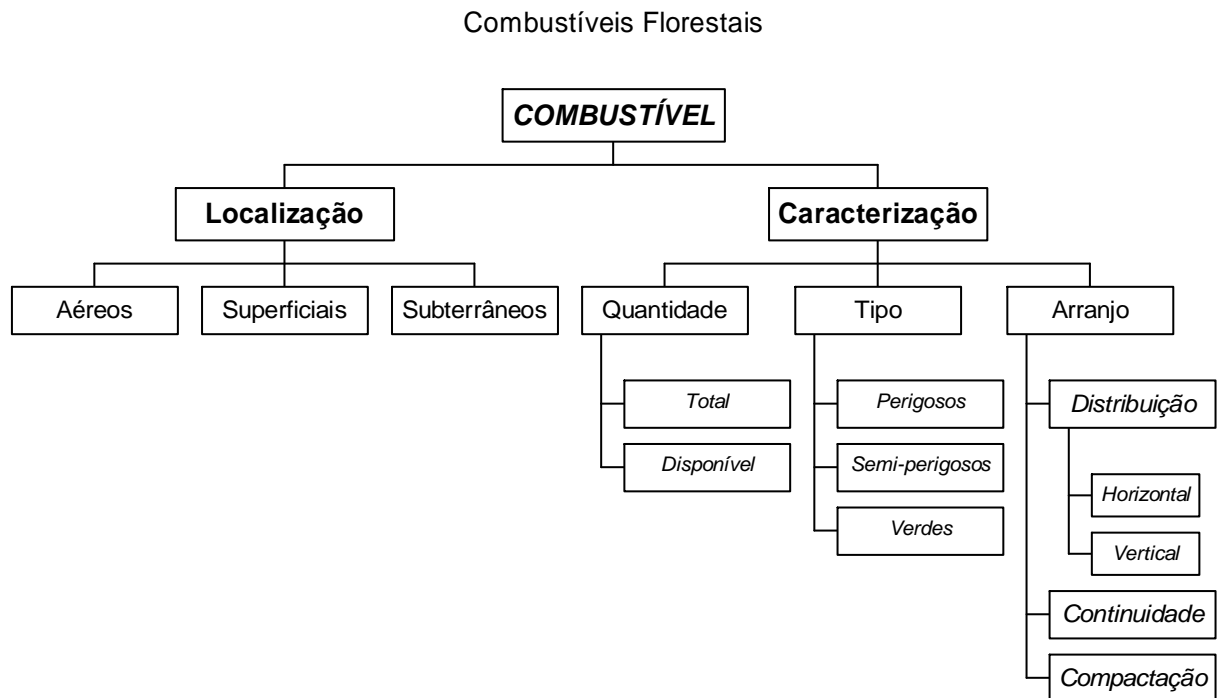
Em junho, no Canadá, 30 mil hectares foram queimados e em agosto muitos focos foram registrados na América do Sul, com destaque para o Paraguai. Em outubro, cerca de 300 mil hectares de mata foram consumidos pelos incêndios registrados na Califórnia.

2.3 COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS

Combustível florestal é qualquer material orgânico, vivo ou morto, no solo ou acima deste, suscetível de participação no processo de combustão (BATISTA, 1990, p. 25; SOARES, 1985, p. 39).

De acordo com VÉLEZ (2000, p. 6.3), é dos combustíveis florestais que dependem, mais do que qualquer outro fator, o início e a propagação do fogo, sendo que para estimar corretamente o comportamento de um incêndio, o autor frisa a necessidade de se observar, com antecedência, as particularidades dos diversos combustíveis presentes em determinada região.

Os combustíveis florestais podem ser analisados observando-se o diagrama abaixo:



De acordo com o diagrama, a localização e as características dos combustíveis florestais são, de uma forma geral, os principais fatores que regem o comportamento do fogo. Clima, topografia e o conteúdo de umidade existente no material combustível são os outros fatores que influenciam na propagação dos incêndios florestais.

2.3.1 Localização dos Combustíveis Florestais

Segundo SOARES (1985, p. 39), os combustíveis florestais podem ser classificados em aéreos e superficiais. No estrato florestal, os combustíveis aéreos correspondem àqueles que se encontram acima de 1,80 m de altura, compreendendo principalmente os galhos e as copas das árvores. “Os combustíveis superficiais são todos aqueles localizados sobre, e imediatamente acima ou no piso da floresta, até 1,80 m de altura, e compreendem basicamente folhas, galhos, troncos e demais materiais que se encontram neste intervalo.” Em ambos os casos, o material pode tanto estar seco (morto) quanto verde (vivo).

BATISTA (1990, p. 25) menciona esta mesma divisão acrescentando os combustíveis subterrâneos, sendo que nestes encontram-se todos os materiais combustíveis que estão abaixo da superfície da floresta, como húmus, raízes de árvores, madeira em decomposição, turfa, entre outros.

REGO e BOTELHO (1990, p. 36) frisam a classificação dos combustíveis por estrato florestal e sua relação direta com os processos de propagação do fogo. Assim sendo, eles citam a “manta morta” e o estrato herbáceo como os responsáveis pela ignição, propagação horizontal e superficial do fogo; o estrato arbustivo como o responsável pelo desenvolvimento do fogo e pela transformação de um incêndio superficial em incêndio de copas; e, por último, o estrato subterrâneo como o principal responsável “(...) por reignições tardias de um incêndio aparentemente extinto.”

2.3.2 Caracterização dos Combustíveis Florestais

Independente da localização do material combustível, estes podem ser classificados em função da quantidade, do tipo e do arranjo que apresentam no estrato florestal. Estas características, em conjunto com os aspectos climáticos e topográficos da região, associados ao teor de umidade do material combustível, são os responsáveis pelo comportamento do fogo durante sua ocorrência.

2.3.2.1 Quantidade de material combustível

Na floresta, a quantidade de combustível existente pode ser sub-dividida em “total” e “disponível”. Esta divisão decorre principalmente do fato de que nem todo combustível se encontra disponível para consumo pelo fogo. O teor de umidade existente no material combustível é que determina esta divisão, aliado, segundo BATISTA (1990, p. 28), à proporção entre material vivo e morto, ao tamanho das partículas do combustível e à própria continuidade deste material sobre a superfície do terreno. Segundo REGO e BOTELHO (1990, p. 37), a disponibilidade do material combustível pode alterar-se segundo a hora, a época do ano, o estrato, o tempo atmosférico, a vegetação e a intensidade do fogo.

O conjunto destes fatores e suas respectivas influências é que contribuem na disponibilização ou não, dos combustíveis para queima. O combustível total nada mais é que a soma de todo material existente na floresta. Este é medido pela carga ou peso do combustível seco por unidade de superfície [área], podendo ser expresso em kg/m², t/ha, entre outras (REGO e BOTELHO (1990, p. 37). De acordo com os mesmos autores, “(...) a quantidade de material combustível varia bastante conforme a classe de vegetação.”, como pode ser observado nos exemplos abaixo:

- a) deserto: 0 a 3 t/ha;
- b) pastagem e arbustos: 2 a 12 t/ha;
- c) matos [Florestas]: 20 a 100 t/ha;

d) desperdícios de exploração: 70 t/ha (cortes culturais); até 250 t/ha (cortes rasos).

Segundo SOARES (1985, p. 40) “a quantidade de combustível em uma floresta pode variar de centenas de quilos a dezenas de toneladas por hectare, dependendo do tipo, espaçamento e idade da vegetação.”

SOARES (1985, p. 40) também cita que é a quantidade de material combustível que determina a intensidade de calor liberada pelo fogo durante um incêndio, sendo esta muito importante na caracterização de outros fatores bastante relevantes do comportamento do fogo, dentre os quais, a propagação do mesmo na área atingida.

REGO e BOTELHO (1990, p. 37) reiteram a afirmação acima citando que quanto maior a carga do combustível maior é a intensidade da combustão. Por outro lado, os autores mencionam que “quando o combustível consumido se reduz à metade, a intensidade reduz-se mais de 2 vezes porque a velocidade [de propagação do fogo] também baixa.”

2.3.2.2 Tipo de material combustível

REGO e BOTELHO (1990, p. 38), tratando sobre tamanho e forma dos materiais combustíveis, afirmam que uma expressão das dimensões dos combustíveis é a denominada relação superfície/volume. Isto influencia diretamente as características dos materiais combustíveis e, conseqüentemente, o comportamento do fogo. Os autores explicam esta relação da seguinte forma:

Um cubo de madeira de 1 metro cúbico tem:

- 6 faces e cada face representa 1 m².
 - então a área superficial soma 6 m².
 - logo, a relação da área superficial com o volume é igual a 6 m²/m³.
 - partindo o cubo, não se altera o volume, mas aumenta a área superficial.
 - assim a relação da área superficial com o volume aumenta.
- Portanto, os combustíveis finos têm uma alta relação superfície/volume. Assim, ramos de 13 mm de diâmetro têm 408 m²/m³.
- agulhas de pinheiros têm 5600 m²/m³,

- pastagem tem 6600 m²/m³.
- Toda a água e calor passa pela área superficial da partícula. Assim os combustíveis finos têm mais área através da qual:
- absorvem ou perdem água, e assim se altera rapidamente a umidade do combustível,
 - absorvem calor dos combustíveis inflamados adjacentes.
- Assim alcançam mais rapidamente a sua temperatura de ignição.

Baseado nesta relação, estudiosos e pesquisadores trataram de classificar os combustíveis florestais.

SOARES (1985, p. 41) classifica e caracteriza os tipos de combustíveis florestais da seguinte forma:

- a) perigosos: são todos os materiais secos com diâmetro igual ou inferior a 1,0 centímetro; constituem-se de pequenos galhos, folhas, líquens, musgos e gramíneas. Esses materiais, por apresentarem menor temperatura de ignição, facilitam o início do fogo e aceleram a propagação, queimando-se rapidamente com produção de calor e chamas intensas. Outra característica particular está no fato de que estes materiais perdem umidade de forma bastante rápida sendo, também, a principal matéria consumida pelo fogo; BATISTA (1990, p. 28) cita que 70 a 85% da quantidade de material combustível que normalmente é consumida num incêndio florestal possui diâmetro menor que 2,5 cm;
- b) semi-perigosos: são todos os materiais secos com diâmetro acima de 1,0 centímetro; “constituem-se de galhos, troncos caídos, tocos, húmus e turfa. São, portanto, materiais lenhosos ou em decomposição e compactados, que por suas características queimam lentamente. Embora de ignição mais lenta e difícil, estes materiais desenvolvem intenso calor e podem manter-se em combustão latente, com risco de re-incendiar incêndios dados como controlados”(SOARES, 1985, p. 41);
- c) verdes: são constituídos pela vegetação viva existente na floresta. Devido ao alto teor de umidade, estes combustíveis podem ser

considerados como não-inflamáveis, excetuando-se as coníferas resinosas. Entretanto, é importante mencionar o fato de que o calor liberado pela combustão de outros combustíveis pode secar estes materiais, tornando-os igualmente inflamáveis.

2.3.2.3 Arranjo do material combustível

O arranjo do material combustível relaciona-se com as seguintes características (explicadas por BATISTA, 1990 e SOARES, 1985):

- a) distribuição: pode ser entendido como a “posição” – vertical ou horizontal – que os combustíveis florestais ocupam dentro do estrato florestal. A distribuição vertical dos combustíveis, segundo REGO e BOTELHO (1990, p. 41), possui grande importância na transformação de incêndios superficiais em incêndios de copa. Isto porque a disposição vertical dos materiais combustíveis acaba formando a denominada “escada de fogo”, possibilitando que as chamas alcancem as copas das árvores. É comum, por exemplo, se observar galhos secos e acículas presas a eles ou ao próprio tronco das árvores, em povoamentos de pinus não submetidos a podas;
- b) continuidade: refere-se à disposição dos combustíveis sobre uma determinada área. Se a disposição for uniforme e as partículas de combustão estiverem próximas umas das outras, o calor se transfere com facilidade e o incêndio se propaga normalmente. Havendo descontinuidade de combustível, causada por afloramento de rochas, solo exposto ou áreas alagadas, por exemplo, a propagação do fogo é dificultada ou, em certos casos, até mesmo interrompida (SOARES, 1985, p. 42).
- c) compactação: refere-se à quantidade de combustível por unidade de volume, isto é, à proximidade das partículas de combustíveis, umas das outras, em relação à livre circulação de ar em torno das mesmas

(SOARES, 1985, p. 42); é o espaçamento entre materiais combustíveis (REGO e BOTELHO, 1990, p. 40). Quanto maior for a circulação do ar entre as partículas, maior será a quantidade de oxigênio fornecido para o processo de combustão, onde o resultado observado é a maior propagação das chamas sobre a superfície. Uma menor quantidade de oxigênio, oriunda de uma maior compactação das partículas (menor circulação de ar) ocasiona menos calor e conseqüentemente uma taxa de propagação menor do fogo.

2.3.3 Umidade do Material Combustível

Segundo SOARES (1985, p. 42), “o efeito da umidade do combustível na taxa de combustão do material lenhoso e, por conseguinte, na propagação dos incêndios, é tão pronunciado e evidente que nenhuma medição é necessária para demonstrar sua importância.” De uma maneira mais simples, o material combustível com alto teor de umidade não queima. Isto se deve à denominada “umidade de extinção”, que é um determinado valor do conteúdo de umidade dos materiais combustíveis que impede a combustão e a propagação dos incêndios nas áreas ocupadas por estes materiais. SOARES (1979, p. 13) cita que materiais combustíveis com teor de umidade acima de 25 a 30% possuem remotas possibilidades de ignição, sendo estes os valores atribuídos para caracterizar a umidade de extinção. Já REGO e BOTELHO (1990, p. 46) mencionam que a combustão com chamas deixa de ser possível com valores de 12% para certas espécies herbáceas e até 200% para “agulhas de algumas resinosas” [acículas de pinus], além de valores entre 25 a 40% para a “manta morta” e 120 a 160% para a maior parte dos combustíveis vivos.

Segundo REGO e BOTELHO (1990, p. 44), a umidade do material combustível determina a quantidade de calor requerida para a ignição da matéria vegetal. Ocorre que a utilização de uma grande quantidade de energia é necessária para vaporizar a água existente no combustível, ocasionando a redução da quantidade de calor disponível para a combustão propriamente dita (SOARES, 1985, p. 43).

BATISTA (1990, p. 29) menciona que “os combustíveis vivos e mortos têm diferentes mecanismos de retenção de água e diferentes respostas às variações do clima.” Estes fatores caracterizam os materiais combustíveis quanto à probabilidade de ignição e periculosidade.

De acordo com BROWN e DAVIS (1973, p. 169), SOARES (1979, p. 13) e BATISTA (1990, p. 29), a variação do conteúdo de umidade do material morto é bastante grande, sendo raramente menor que 2% mas podendo exceder os 200% após longos períodos de precipitação. Já para algumas plantas vivas, a umidade pode atingir os 300%, baixando para até 80% em períodos de seca (REGO e BOTELHO, 1990, p. 45).

Torna-se perceptível que a influência da umidade nos materiais combustíveis é mais evidente nos combustíveis de pequenas dimensões. Classificados como perigosos, os materiais combustíveis secos (mortos) com diâmetro menor que 1 cm respondem mais rapidamente às mudanças climáticas, sendo, portanto, os principais responsáveis pela propagação dos incêndios (BATISTA, 1990, p. 29).

Por este motivo, os combustíveis florestais ainda são classificados em função do tempo de resposta ou *timelag*, que leva em consideração justamente a capacidade destes de entrar em equilíbrio com o meio ambiente, com relação ao seu teor de umidade e a umidade relativa do ar [A relação superfície/volume possui relação direta com o tempo de resposta dos materiais combustíveis].

2.3.3.1 *Timelag* ou tempo de resposta

BATISTA (1990, p. 30) introduz o conceito de tempo de resposta afirmando que:

O conteúdo de umidade dos combustíveis mortos flutua principalmente em função da variação da temperatura e umidade relativa do ar e da precipitação. Partículas finas de combustível, tais como, folhas secas e pequenos galhos podem variar o conteúdo de umidade consideravelmente em poucas horas. Ao contrário, são necessários vários dias ou semanas para variar significativamente o conteúdo de umidade de um tronco de árvore caído ou de galho seco. Portanto, combustíveis de diferentes dimensões respondem distintamente às variações do ambiente (...). *Timelag* pode ser definido como

o intervalo de tempo necessário para a umidade do material combustível perder $(1 - 1/e^*)$, ou aproximadamente 63% de diferença entre um valor inicial uniforme de equilíbrio [para um novo equilíbrio], depois do ambiente ter mudado instantaneamente.

* “e” corresponde a base dos logaritmos neperianos, igual a 2,718.

RIBEIRO (1997, p. 09) menciona que “Tempo de resposta à umidade é a quantidade de tempo para uma substância perder ou ganhar aproximadamente dois terços da umidade acima ou abaixo do seu conteúdo de umidade.”

BATISTA (1990, p. 31) cita a classificação dos materiais combustíveis em função do seu tempo de resposta:

- a) classe de 1 hora de *timelag*, correspondente aos combustíveis com diâmetro inferior a 0,7 cm;
- b) classe de 10 horas de *timelag*, correspondente aos combustíveis com diâmetro entre 0,7 e 2,5 cm;
- c) classe de 100 horas de *timelag*, correspondente aos combustíveis com diâmetro entre 2,5 e 7,6 cm.

Na publicação de REGO e BOTELHO (1990, p. 45) encontra-se uma pequena variação nestes valores, conforme se pode observar no Quadro 1.

QUADRO 1 – TEMPO DE RESPOSTA DOS COMBUSTÍVEIS DE ACORDO COM SUA CATEGORIA DE TAMANHO

CATEGORIA DE TAMANHO (mm)	TEMPO DE RESPOSTA
< 6	1 hora
6 – 25	10 horas
25 – 75	100 horas
> 75	1000 horas

2.3.4 Inflamabilidade e Combustibilidade

Os conceitos de inflamabilidade e combustibilidade são numerosos e muitas vezes nem sempre coincidentes. Entretanto, ambos são determinados em função das características básicas dos materiais combustíveis e estão inter-relacionados.

De uma maneira geral, pode-se entender por inflamabilidade a facilidade que um determinado combustível possui em desenvolver chamas (inflamar-se) e, por combustibilidade, a maneira ou forma como este combustível queima e se propaga.

A inflamabilidade também relaciona-se com o tempo que um determinado combustível leva para incendiar (ignição) desde o momento em que entra em contato com uma fonte de calor. Segundo REGO e BOTELHO (1990, p. 47), “(...) A quantidade de energia necessária para produzir a ignição ou o tempo necessário para haver inflamação durante a exposição a uma dada energia, estão na base de avaliação da inflamabilidade.”

ANDERSON² (1970) citado por VELEZ (2000, p. 6.4) considera a inflamabilidade de um combustível como o conjunto de três fenômenos: potencial de ignição, sustentabilidade e combustibilidade. Estes três fenômenos podem ser definidos, segundo os autores, da seguinte forma:

- a) potencial de ignição: facilidade que um material possui de entrar em ignição; tempo transcorrido até que ocorra a ignição;
- b) sustentabilidade: relaciona-se com a propriedade que o combustível possui em continuar queimando;
- c) combustibilidade: relaciona-se com a velocidade que um combustível é consumido.

Além das características básicas dos combustíveis, REGO e BOTELHO (1990, p. 47) mencionam que a inflamabilidade é influenciada pela composição mineral dos combustíveis e pela presença de substâncias voláteis nos mesmos, e que os estados fisiológicos e fenológicos apresentados pelo material verde tendem a diminuir

² ANDERSON, H. E. Forest fuel ignibility. **Fire Tech.** P 312 – 319, 1970.

o grau de inflamabilidade na seguinte ordem: frutificação, dormência, floração, brotação e crescimento ativo e desenvolvimento aéreo da planta.

Em relação à combustibilidade, REGO e BOTELHO (1990, p. 48) a conceituam como sendo “(...) a noção de propagação do fogo que se estuda à escala do povoamento, fazendo intervir os diferentes estratos da vegetação constituintes do povoamento [sic].”, ou seja, a forma ou maneira como o fogo se desenvolve ou se mantém após a ignição. Os mesmos autores citam que a combustibilidade depende da estrutura da formação vegetal e de espécies muito inflamáveis, e exemplificam com as seguintes situações:

A. Povoamentos que tem uma estrutura horizontal e vertical homogênea

Neste tipo de povoamento, o fogo aumenta de potência.

Trata-se do caso geral das formações de pinheiro bravo adultas que não foram limpas, incluindo-se também os jovens povoamentos ainda não fechados [dossel aberto] e as formações de matos [Florestas].

B. Povoamentos que tem uma estrutura horizontal homogênea e uma estrutura vertical heterogênea

Neste tipo de formações florestais, o fogo propaga-se ao nível dos estratos baixos com uma fraca potência. Os riscos de fogo de copas são reduzidos.

É o caso de certos tipos de povoamentos de pinheiro adultos bem cuidados (desmatados e desramados), ou povoamentos em que o solo não favorece os estratos baixos.

C. Povoamentos que tem uma estrutura horizontal e vertical heterogênea

Encontrando uma estrutura destas o fogo perde potência podendo mesmo apagar-se.

Trata-se de povoamentos mistos de alto-fuste de resinosas e de talhadas de folhosas, e nas plantações adultas de espécies que formam rapidamente um coberto fechado [fechamento do dossel] como por exemplo a *Pseudotsuga*.

VÉLEZ (2000, p. 7.1) cita que o conceito de combustibilidade se refere ao calor desprendido oriundo da produção das chamas (queima do material combustível), que necessita ser em quantidade suficiente para manter a combustão e prover a propagação do fogo para o material vegetal vizinho.

Torna-se perceptível que é o arranjo do material combustível (principalmente) que rege a combustibilidade, influenciada também pela distribuição (horizontal e vertical) dos combustíveis, sua continuidade no terreno e grau de compactação. O Quadro 2 procura fornecer uma comparação entre inflamabilidade e combustibilidade, de forma a facilitar a compreensão destes dois processos.

QUADRO 2 – COMPARAÇÃO ENTRE INFLAMABILIDADE E COMBUSTIBILIDADE

	INFLAMABILIDADE	COMBUSTIBILIDADE
Rege:	A capacidade de um material combustível produzir chamas.	A capacidade do material combustível em manter o processo de combustão e se propagar.
Expresso:	Pelo tempo que um material combustível leva até entrar em ignição, a partir do momento em que este é submetido a uma fonte externa de calor.	Pela quantidade de calor desprendido pelo processo de combustão (poder calorífico do material combustível).
Proporciona:	Ignição	Manutenção das chamas e a conseqüente propagação do fogo.
Depende:	Do material combustível: sua estrutura (características básicas), conteúdo de umidade, composição mineral e química (substâncias voláteis), fisiologia e fenologia do material combustível verde (vivo).	Da quantidade de calor produzido e das formas de transmissão do calor no meio florestal (condução, convecção e radiação), em função das características apresentadas pelos materiais combustíveis (principalmente quantidade e arranjo)

2.3.5 Influência do Material Combustível no Comportamento do Fogo

O material combustível é um dos fatores que possui grande influência sobre o comportamento do fogo.

Segundo BATISTA (1990, p. 12), o termo comportamento do fogo refere-se à maneira como o material combustível entra em combustão, como se desenvolvem as chamas e como o fogo se propaga e apresenta outros fenômenos.

SOARES (1985, p. 65) refere-se ao comportamento do fogo como sendo o “(...) termo geral usado para indicar o que o fogo faz, ou seja, para descrever as principais características de um incêndio florestal.”

Para GAYLOR (1974, p. 86), a ciência sobre o comportamento do fogo envolve a compreensão de como o fogo atua sob as mais variadas condições. Segundo

o mesmo autor, a compreensão do comportamento do fogo é a essência para o controle do mesmo.

BOTELHO *et al.* (198-?, p. 02) citam que a quantidade e as dimensões dos combustíveis florestais, bem como sua umidade e compactação, são responsáveis pela transferência de calor e energia gerada pelo fogo. Segundo os mesmos autores, as diversas formações florestais apresentam diferentes propriedades físicas, responsáveis por diferenças do comportamento do fogo, sobretudo em áreas com material morto (seco) com diâmetro inferior a 6 mm [muito mais suscetíveis a mudanças físicas e influências climáticas].

Vários autores concordam que o processo de combustão do material florestal é difícil de ser controlado e que as formas de predição do comportamento do fogo estão longe de ser adequadamente conhecidas e compreendidas. Isto se deve única e exclusivamente à complexidade do combustível florestal. Os combustíveis florestais são sólidos, o que, obrigatoriamente, faz com que estes necessitem ser convertidos ao estado gasoso antes de entrar em ignição. Os gases liberados durante os diversos estágios do processo de combustão variam física e quimicamente, e esta variação depende do tempo, da temperatura e da disponibilidade de oxigênio existente durante este processo. Um incêndio propagando-se livremente aumenta sua energia com o passar do tempo, determina sua própria taxa de alimentação de combustível além de interagir com o ambiente local, o que o torna um processo altamente variável (SOARES, 1985, p. 65).

WHELAN (1995, p. 29) aborda ainda a importância ecológica do comportamento do fogo sobre os demais elementos da natureza. Variáveis como velocidade de propagação do fogo, altura de crestamento, área total atingida, entre outras, são relacionadas à distribuição e abundância de organismos, à quantidade de espécies vegetais que morreram ou irão morrer em consequência da passagem do incêndio, à probabilidade de recuperação da área queimada, à formação de erosão, à quantidade de biomassa remanescente entre outras inúmeras questões envolvidas.

BATISTA (1990, p. 12) menciona que apesar de tamanha diversidade, vários estudos na área tem contribuído para estabelecer certos parâmetros diretamente ligados

ao comportamento do fogo. Estes parâmetros são: intensidade do fogo, taxa de propagação do fogo, altura de crestamento, calor liberado por unidade de área, tempo de residência, entre outros. A determinação destas variáveis culmina com a caracterização do fogo (comportamento), para um dado momento.

Apesar dos parâmetros serem discutidos individualmente para facilitar a compreensão de como os materiais combustíveis atuam sobre estas variáveis, na natureza todo o processo ocorre simultaneamente, culminando com um comportamento do fogo específico para cada situação resultante da interação de todos os demais fatores envolvidos no processo de combustão.

Dentre todos os parâmetros do comportamento do fogo, a estimativa da intensidade constitui-se numa das variáveis de maior importância num incêndio florestal. Esta variável expressa a taxa de energia liberada pelo fogo durante o processo de combustão (BATISTA, 1990, p. 12).

A intensidade do fogo é regulada pela quantidade de material combustível disponível para a queima, que é denominada de “carga” do material combustível e se expressa de forma bastante importante durante a combustão. Quanto maior for a carga do material combustível, maior será a intensidade do fogo. Entretanto, convém mencionar que a intensidade do fogo será tanto menor quanto maior for o teor de umidade contido no material combustível.

Outra maneira de se estimar a intensidade do fogo é através do comprimento das chamas. O comprimento (e/ou altura) das chamas nada mais é do que a expressão real das atuais condições do material combustível em campo e das características climáticas e topográficas. O arranjo do material combustível, teor de umidade, declividade do terreno e eventos físicos como vento, entre outros fatores, condicionam a regulagem das alturas e comprimentos das chamas de um incêndio. Durante o processo de combustão, a liberação dos gases e vapores quentes que sobem para a atmosfera tende a causar a morte da vegetação localizada acima da zona de queima, ocasionando o fenômeno denominado de crestamento das copas das árvores.

Outra variável diretamente influenciada pelas características do material combustível é a taxa de propagação do fogo. Também conhecida como velocidade de

propagação do fogo, esta variável “(...) indica o progresso do fogo numa determinada área.” (BATISTA, 1990, p. 16). Refere-se à velocidade na qual o fogo se desenvolve e avança por sobre a região de ocorrência do incêndio. SOARES (1985, p. 69) menciona que a taxa de propagação do fogo é um dos mais importantes parâmetros nos estudos sobre comportamento do fogo.

A combinação entre a velocidade de propagação do fogo e sua intensidade caracterizam o calor liberado por unidade de área, estabelecendo uma relação onde para uma mesma intensidade, quanto mais rápida for a velocidade de propagação do fogo, menor será a quantidade de calor liberada nesta área, e quanto maior for o tempo de permanência do fogo em um mesmo local (menor velocidade de propagação), maior será a quantidade de calor concentrado sobre ele (BATISTA, 1990, p. 21; SOARES, 1985, p. 75). Essa relação dá origem ao conceito de tempo de residência, que relaciona-se com o tempo que a frente do fogo leva para passar por determinado ponto, ou seja, ao tempo que a frente de fogo permanece sobre determinado local (BATISTA, 1990, p. 22; SOARES, 1985, p. 79). Sua importância reside no fato de que os danos sofridos pela vegetação, em razão do fogo, relacionam-se não apenas à temperatura do mesmo, mas principalmente ao tempo de exposição a esta temperatura (SOARES, 1985, p. 80).

2.3.6 Modelagem de Combustível Florestal

De acordo com SOUZA (2000, p. 38), “A elaboração de modelos para quantificar materiais combustíveis de florestas ou de povoamentos florestais no Brasil poderá (...) tornar-se uma tarefa de rotina.”

SANQUETTA (1996, p. 02), definiu modelo como uma representação física ou abstrata da forma ou função de entidades ou objetos reais, como por exemplo, equações matemáticas de processos fisiológicos, estátuas ou figuras.

SOUZA (2000, p. 40) cita que “A avaliação de cargas de materiais combustíveis de uma floresta deve considerar aspectos da produção florestal, cuja

análise prescinde de um estudo para elaboração de modelos que tenham alguma relação com o crescimento do povoamento florestal.”

Para SOARES (1979, p. 48), “A melhor estimativa para se conhecer, com rapidez, a quantidade de combustível de uma floresta, é desenvolver equações locais (...) que permitam estimar esta quantidade em função de parâmetros fáceis de se obter, como idade e área basal por exemplo.”

SOUZA (2000, p. 40) citando CATCHPOLE e MESTRE³ (1986) mencionou que os modelos de material combustível podem fornecer informações para os modelos de predição do comportamento do fogo. Neste contexto, GREENOUGH (2001, p. 01) menciona que estimativas detalhadas sobre os combustíveis são necessárias para dar suporte à avaliação do risco de incêndio e às decisões sobre o manejo do material combustível.

Dentre os modelos de predição do comportamento do fogo, foi desenvolvido nos Estados Unidos da América, a partir de pesquisas realizadas entre os anos de 1970 e 1980, o sistema BEHAVE, uma série de programas computacionais interativos de comportamento do fogo, que permite estimar o potencial dos incêndios mediante diversas condições meteorológicas, de combustível e sob diversas situações de topografia (BATISTA, [200-]). ANDERSON (1982, p. 01) cita que os combustíveis foram classificados em 4 grupos: capim / pastagem (*grass*), arbustos (*brushes*), florestas (*timbers*) e resíduos de exploração (*slash*). Estas categorias de combustível são utilizadas pelo BEHAVE e, segundo BURGAN e ROTHERMEL (1984, p. 02), constituem-se os 4 maiores grupos de combustível florestal, sendo a base para a realização de modelagem.

VÉLEZ (2000, p. 10.37) mencionou, referindo-se aos modelos estáticos de combustível, que a sistematização e a criação destes permitem a integração do combustível no estudo do comportamento do fogo, possibilitando a predição do mesmo em áreas cujas características tenham sido determinadas. O mesmo autor também citou o sistema BEHAVE, mencionando a importância deste em construir os

³ CATCHPOLE, T.; MESTRE, N. Physical model for a spreading line fire. **Australian Forestry**, Queen Victoria, v. 49, n. 2, p. 102-111, 1986.

modelos de comportamento do fogo mediante a caracterização dos combustíveis florestais, e cuja simulação requer a especificação do teor de umidade dos combustíveis vivos e mortos, que são condicionados pela altitude, exposição solar, grau de cobertura da vegetação, entre outras características do local.

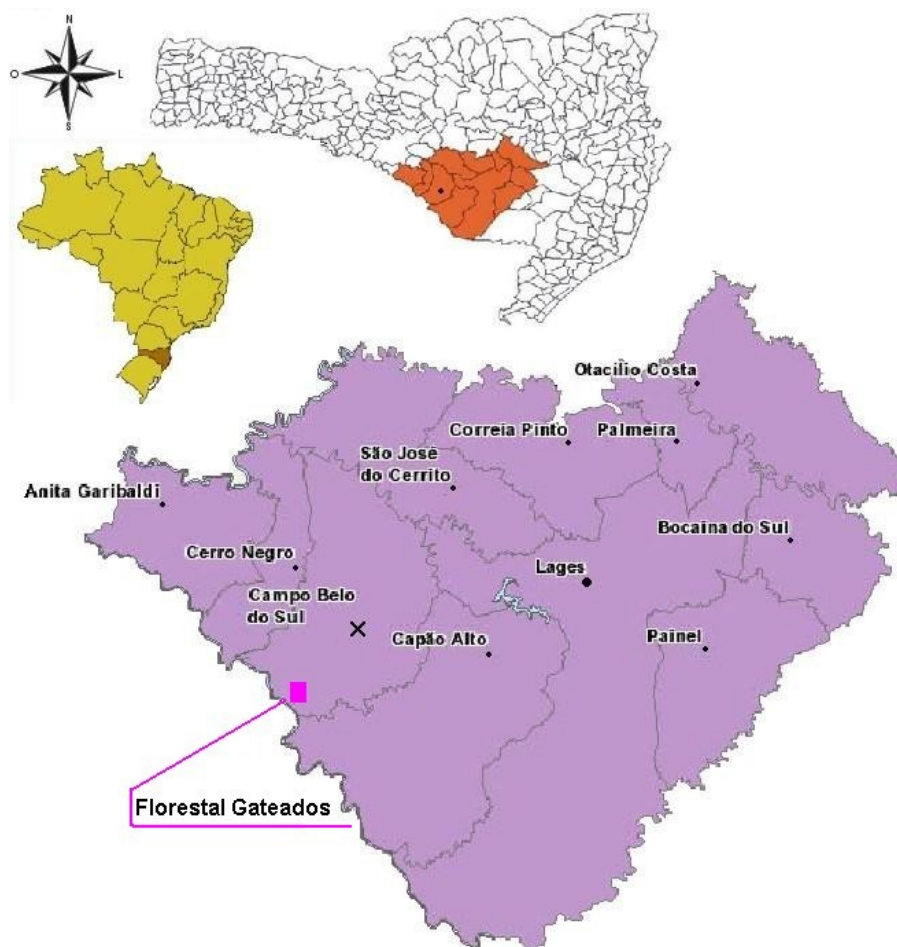
De maneira geral, um modelo de combustível é definido mediante a análise de uma série de características, partindo do geral para o específico. Desta forma, constituem-se as variáveis de interesse a especificação do tipo principal de vegetação predominante (com base nos 4 principais grupos definidos) presente na área de estudo e suas respectivas cargas, a avaliação dos estratos mais suscetíveis ao fogo e a continuidade destes, a proporção dos combustíveis nas classes de 1-h, 10-h, 100-h, herbáceo e vegetação viva [classes de diâmetro dos combustíveis e proporção entre combustíveis verdes (vivos) e secos (mortos) encontrados no local que se pretende caracterizar], espessura da manta, densidade das partículas, conteúdo mineral, relação superfície-volume e altura média da vegetação de sub-bosque (BURGAN e ROTHERMEL, 1984), além da umidade de extinção e composição química dos combustíveis florestais (ANDERSON, 1982, p. 20).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado em plantios de araucária, de propriedade da empresa Florestal Gateados Ltda, localizada no município de Campo Belo do Sul – SC, distante 66 km da cidade de Lages (Figura 3). As áreas de estudo situam-se nas proximidades das coordenadas de 27°58'10" de latitude sul e 50°48'47" de longitude oeste, referentes à sede da empresa, com altitude variando entre 800 e 1000 metros s.n.m.

FIGURA 3 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPO BELO DO SUL EM RELAÇÃO AO BRASIL E AO ESTADO DE SANTA CATARINA



Segundo a classificação de Köppen, o clima é caracterizado predominantemente como sendo do tipo Cfb, temperado propriamente dito, com temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico) com possibilidades de geada, verões frescos com temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida. A temperatura média anual da região é de 15,5°C, tendo como média das mínimas do mês mais frio temperaturas entre 5 a 8°C, média das máximas do mês mais quente entre 22 a 31°C e mínima absoluta de 12°C negativos. A precipitação média anual é de 1400 mm. A região pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Pelotas (ESTADO DE SANTA CATARINA, 1991).

Os solos predominantes na região classificam-se como Cambissolo Húmico e Glei pouco Húmico, Terra Bruna Estruturada, Estruturada Húmica, Estruturada Intermediária para Terra Roxa Estruturada e Terra Roxa Estrutura, além de manchas de Solos Litólicos (ESTADO DE SANTA CATARINA, 1991).

A vegetação predominante da região é a Floresta de Araucária e os Campos, conforme KLEIN (1978), ou Floresta Ombrófila Mista e Savanas Estépicas, de acordo com a nova terminologia adotada no Brasil (IBGE, 1993).

3.1.1 Especificações dos Povoamentos

O estudo foi realizado em 5 áreas de reflorestamento de *Araucaria angustifolia*, com diferentes idades de plantio. O Quadro 3 resume as informações obtidas inicialmente sobre os projetos.

QUADRO 3 – PROJETOS SELECIONADOS PARA ESTUDO

CLASSE DE IDADE	NOME DO PROJETO	ÁREA (ha)	DADOS DE INVENTÁRIO DA EMPRESA			
			Ano de realização	Nº árv/ha	Área basal média (m ²)	DAP médio (cm)
8 anos	Trincheira	18,03
19 anos	Japonês I – Festuca	8,59	2003	1.480	27,23	15,3
24 anos	Tulia II	129,53	2002	900	39,45	23,0
25 anos	Tulia I	43,9				
38 anos	São Judas	9,76	2004	547	33,62	26,01

NOTA: Sinal convencional utilizado:
 ...Dado não disponível.

3.2 METODOLOGIA DE TRABALHO

Os procedimentos executados para o desenvolvimento deste trabalho seguiram a seguinte sequência:

- a) identificação dos projetos com base nas idades dos povoamentos, procurando abranger a maior amplitude de idade possível (plantios jovens até adultos);
- b) verificação em campo das condições apresentadas pelos projetos, objetivando obter informações visuais sobre possíveis estratificações nos povoamentos com mesma idade;
- c) determinação da área de cada projeto, planejamento da distribuição e marcação das parcelas amostrais com auxílio do *software ArcExplorer* e *ArcView-Gis*, com base em fotografias aéreas sobrepostas ao arquivo digital da área total da fazenda;
- d) correção e aferição da leitura do GPS de mão em função das coordenadas geográficas UTM das parcelas amostrais obtidas no arquivo digital (coordenadas corretas), e gravação destes pontos no GPS;

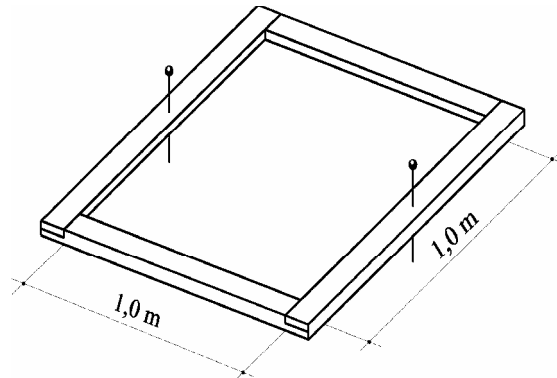
- e) localização das parcelas em campo e coleta do material combustível;
- f) determinação da área basal com auxílio do visor de Bitterlich, realizando-se uma leitura para cada parcela estabelecida nos projetos selecionados;
- g) transporte das sub-amostras coletadas para o Laboratório de Incêndios Florestais da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, para realização das análises.

3.2.1 Material Utilizado na Fase de Campo

Os materiais necessários para o desenvolvimento dos trabalhos de campo foram:

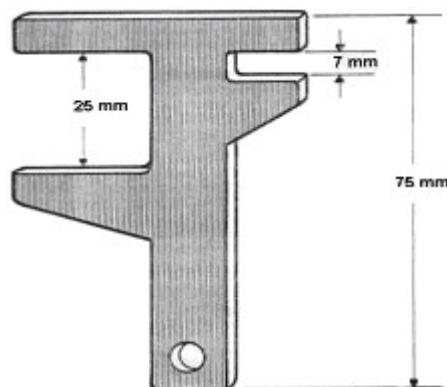
- a) GPS de mão, para localização das parcelas no campo;
- b) um gabarito de 1m x 1m (1 m²), utilizado para delimitar a área das parcelas amostrais (Figura 4);
- c) um calibrador de diâmetro, utilizado para classificar os combustíveis florestais nas suas respectivas classes de diâmetro (Figura 5);
- d) duas balanças com capacidade de 2,5 e 5,0 kg, de precisão 20 e 50 g respectivamente, para pesagem do material recolhido nas parcelas em campo;
- e) uma régua de alumínio, para medição da espessura da manta de combustível (liteira);
- f) visor de Bitterlich, para medição da área basal;
- g) uma trena (10 m) para medição da altura da vegetação do sub-bosque;
- h) facão, serrote de poda e canivete;
- i) prancheta, canetas, sacos plásticos para armazenar as amostras e etiquetas adesivas;
- j) formulários de campo.

FIGURA 4 – GABARITO UTILIZADO PARA DELIMITAR A ÁREA DAS PARCELAS AMOSTRAIS



FONTE: SOUZA (2000)

FIGURA 5 – CALIBRADOR DE DIÂMETRO UTILIZADO PARA SEPARAR AS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL



FONTE: BROWN (1974) - ADAPTADO

Todos os procedimentos efetuados em campo foram realizados no período de abril a julho de 2004.

3.2.2 Descrição dos Povoamentos

Através do levantamento do histórico dos povoamentos e um reconhecimento prévio em campo dos projetos escolhidos para o desenvolvimento deste trabalho, verificou-se as seguintes condições:

- a) todos os povoamentos foram plantados com espaçamento de 1,60 m x 2,50 m;
- b) o projeto Trincheira, de 8 anos de idade (Figura 6-a), foi plantado em uma área que originalmente compreendia o bioma “campo nativo” e que foi transformado em lavoura e posteriormente pastagem. Em 1996, para receber as mudas de araucária, a área foi preparada para o plantio através de implementos agrícolas e, em conjunto com o plantio das mudas, foi realizado um consórcio (durante 2 anos) com lavoura de milho e feijão, o que favoreceu visivelmente o desenvolvimento da araucária durante este período. Como manejo, a única intervenção realizada nesta área foi uma poda realizada no período de março a maio de 2002, deixando apenas 6 verticilos em cada indivíduo. Observações de campo permitiram verificar que a área apresentava sub-bosque composto por gramíneas em sua maioria, com grande densidade e alturas muitas vezes iguais ou superiores aos indivíduos de araucária. Verificou-se, também, grandes diferenças entre as alturas das árvores, possivelmente reflexo das condições do solo e dos genótipos das plantas. Por tratar-se de um plantio novo, a empresa não possui dados de inventário deste projeto;
- c) o projeto Japonês I – Festuca, de 19 anos de idade (Figura 6-b), foi plantado em uma área que originalmente compreendia o bioma “campo nativo”, sendo transformado em lavoura e posteriormente área para o gado (grama festuca). Seu solo era extremamente compactado. Recebeu o plantio de araucária em 1985, sendo que durante os dois primeiros anos não sofreu nenhuma interferência nem acompanhamento. No terceiro ano, sua área foi consorciada (durante 2 anos) com milho e feijão. Em relação às práticas de manejo, no ano de 2003 sofreu desbaste de 35% das árvores. Observações de campo permitiram verificar que existiam grandes diferenças de densidade do sub-bosque e diferenças de altura dos indivíduos de araucária no

povoamento. Nos locais onde as araucárias possuíam menor tamanho, havia um aumento da densidade do sub-bosque, o que influenciava a caracterização dos materiais combustíveis;

- d) os projetos de Tulas (II e I), respectivamente com 24 e 25 anos (Figura 6-c), foram plantados em local onde, originalmente, predominava o bioma “mata nativa” que foi totalmente retirada e queimada para receber o plantio das mudas de araucária. Os projetos foram plantados em 1979 e 1980 e nunca sofreram intervenção. Observações de campo permitiram verificar que devido à grande diversidade e extensão das áreas correspondentes aos projetos, as araucárias apresentavam os mais variados estágios de desenvolvimento (diferenças perceptíveis em altura e DAP), podendo-se verificar a existência de áreas onde as araucárias encontravam-se bem desenvolvidas. Notou-se também uma grande diferença nas densidades de sub-bosque presentes na área, sendo que os locais sombreados apresentavam sub-bosque menos denso devido ao fechamento do dossel pelas copas das araucárias mais desenvolvidas;
- e) o projeto São Judas é o mais antigo de todos (Figura 6-d). Atualmente com 38 anos de idade, este projeto foi plantado em uma área ocupada originalmente pelo bioma “mata nativa”. Assim como no caso anterior, a vegetação original foi retirada por completo e a área totalmente queimada para receber o plantio das mudas de araucária em 1966. Entretanto, no ano de 1972, o projeto recebeu, nos locais onde a araucária apresentava falhas, replantio de pinus. O pinus recebeu tratamentos culturais e foi retirado nos anos de 1989 e 1990. Após esse período, a área não sofreu mais intervenções.

FIGURA 6 – FOTOS DOS POVOAMENTOS



a) Projeto Trincheira – 8 anos



b) Projeto Japonês I – Festuca – 19 anos



c) Projeto Tulas (II e I) – 24 e 25 anos



d) Projeto São Judas – 38 anos

Com base na avaliação de campo, detectou-se a presença de dois fatores que culminaram no redimensionamento das áreas dos projetos. Estes fatores foram:

- a) grandes diferenças de altura entre os indivíduos de araucária, o que proporcionava a formação de sub-bosques bastante diferenciados e, conseqüentemente, alterações nas características do material combustível;
- b) falha na cobertura total da área plantada de cada projeto, decorrente da morte dos indivíduos de araucária, ocasionando a ocupação e o

estabelecimento de espécies pioneiras e, no caso dos plantios mais velhos, a existência de sub-bosques bem desenvolvidos.

Para eliminar este problema, optou-se por verificar a cobertura florestal existente com o auxílio de fotografias aéreas obtidas no ano de 2000 e que se encontravam digitalizadas no *software* utilizado pela empresa, metodologia semelhante à utilizada por OLIVEIRA e ROTTA (1982 p. 09) no levantamento da estrutura horizontal de uma floresta de araucária no planalto paranaense.

Assim sendo, foram determinados os locais que evidenciavam uma homogeneidade dos plantios nas idades de interesse, cujas áreas foram delimitadas e medidas, resultando no Quadro 4.

QUADRO 4 – READEQUAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

CLASSE DE IDADE	NOME DO PROJETO	ÁREA (ha)
8 anos	Trincheira	2,466
19 anos	Japonês I – Festuca	4,963
24 anos	Túlia II	2,709
25 anos	Túlia I	3,418
38 anos	São Judas	2,397

3.2.3 Distribuição das Parcelas Amostrais nas Áreas de Estudo

A distribuição das parcelas em campo foi determinada ainda em escritório, com auxílio de mapas digitalizados e disponíveis em programa *ArcExplorer* e *ArcView-Gis*, da seguinte forma:

- a) primeiramente foram localizadas as áreas de estudo (projetos), de acordo com a idade dos plantios;
- b) com auxílio das fotografias aéreas sobrepostas sobre os limites dos projetos, foram determinados os locais de maior homogeneidade (efetiva ocupação) da espécie araucária;

- c) utilizando as ferramentas de medição de área dos *softwares*, foram determinadas as áreas destes locais;
- d) a distribuição das parcelas nos projetos foi realizada de forma sistemática sobre cada área, primeiramente obedecendo uma intensidade amostral de 4 parcelas por hectare, espaçadas entre si a uma distância média de 40 metros e 20 metros da borda dos projetos, cuja localização foi feita na tela do computador – anotando-se as coordenadas UTM dos respectivos pontos – e, em um segundo momento, lançando parcelas durante os deslocamentos no campo entre as parcelas previamente definidas no escritório, de forma a completar o número mínimo de 100 amostras para este estudo, de acordo com as experiências de BROWN (1971), SOARES (1979), CARLTON e PICKFORD (1982). No segundo caso, as coordenadas UTM das parcelas eram anotadas sobre o próprio ponto do local escolhido (com auxílio do GPS), respeitando-se, teoricamente, uma distância média de 10 metros entre as parcelas;
- e) foi necessário realizar a correção das coordenadas UTM das parcelas localizadas no computador em função do erro de leitura apresentado pelo GPS de mão, para que estas pudessem ser digitadas no mesmo e, conseqüentemente, fornecessem uma localização precisa das unidades amostrais em campo (ver Apêndice 1).

O Quadro 5 apresenta a distribuição das parcelas sobre os projetos, de acordo com a metodologia citada.

QUADRO 5 – NÚMERO DE PARCELAS COLETADAS POR CLASSE DE IDADE DOS PROJETOS SELECIONADOS

CLASSE DE IDADE	ÁREA (ha)	NÚMERO MÍNIMO DE PARCELAS ⁽¹⁾	NÚMERO DE PARCELAS COLETADAS
8 anos	2,466	10	10
19 anos	4,963	20	23
24 anos	2,709	11	19
25 anos	3,418	14	25
38 anos	2,397	10	23
	Sub-total:	65	..
	Total:	..	100

NOTA: Sinal convencional utilizado:

..Não se aplica dado numérico.

(1) Obedecendo a intensidade amostral de 4 parcelas por hectare.

3.2.4 Coleta de Material Combustível

A coleta do material combustível nas parcelas foi realizada com auxílio do gabarito de 1 m². Tanto o formato quadrado das parcelas quanto a metodologia de classificação do material combustível nas classes de diâmetro foram adotadas com base nas pesquisas de SOARES (1979, p. 49; 1982, p. 5), BATISTA (1984, p. 23; 1995, p. 36), SCHNEIDER e BELL (1985, p. 79) e de RIBEIRO (1997, p. 49).

As parcelas para amostragem de material combustível são ditas “destrutivas”, pois todo seu conteúdo é retirado de forma a permitir a classificação do materiais encontrados em classes de diâmetro. Neste trabalho, por critérios práticos, foi estabelecida uma nomenclatura própria para as divisões existentes de classificação do material combustível. Assim, ficou estabelecida a divisão principal em “material combustível verde (vivo)” e “material combustível seco (morto)”. As sub-divisões dessas classes foram realizadas da seguinte maneira:

1. O material combustível verde (vivo) foi subdividido em dois grupos:
 - a) material herbáceo: que representaria os materiais vegetais com essa característica (“diz-se de planta que tem a consistência e porte de erva” – FERREIRA, 1985, p. 250). Ex: gramíneas, samambaias;

b) material verde lenhoso: que representaria as cargas dos materiais vegetais com essa característica (“que tem a natureza, aspecto ou consistência do lenho ou madeira” – FERREIRA, 1985, p. 290), sendo que neste caso, esta categoria ainda foi subdividida nas seguintes classes:

- V1: material verde lenhoso cujo diâmetro era menor ou igual a 0,7 cm;
- V2: material verde lenhoso cujo diâmetro encontrava-se entre 0,71 e 2,5 cm;
- V3: material verde lenhoso cujo diâmetro encontrava-se entre 2,51 e 7,6 cm;
- V4: material verde lenhoso cujo diâmetro era maior que 7,6 cm.

2. O material combustível seco (morto) foi subdividido nas seguintes classes:

- miscelânea: composto por material fino, de diâmetro inferior a 0,7 cm, como folhas, cascas, musgos, gramíneas e pequenos galhos em estado de decomposição, que formavam uma massa uniforme cujos elementos já não permitiam uma identificação e classificação seguras;
- S1: composto exclusivamente por material seco (morto), cujo diâmetro era inferior ou igual a 0,7 cm;
- S2: composto por material seco (morto) cujo diâmetro encontrava-se entre 0,71 e 2,5 cm;
- S3: composto por material seco (morto) cujo diâmetro encontrava-se entre 2,51 e 7,6 cm;
- S4: composto por material seco (morto) cujo diâmetro era superior a 7,6 cm;

- estróbilo: órgão reprodutor masculino da espécie, também denominado de amentilho masculino;
- grimpa: conjunto de ramos compostos por acículas, característicos da espécie. São também denominados de ramos secundários da araucária (MATTOS, 1972, p. 160).

Após a localização da parcela e o estabelecimento do gabarito de 1 m², procedeu-se da seguinte maneira:

- a) com a área limitada através de corte do material combustível no perímetro do gabarito (isolamento) foi feita primeiramente a medição da espessura da liteira⁴ (conforme recomendado por BROWN *et al.*, 1982, p. 10), cujo valor utilizado era a média de 4 medições feitas nas laterais da parcela. Em seguida, foi feita a medição da altura da vegetação do sub-bosque até 1,80 m;
- b) todo o material verde (vivo) existente até 1,80 m de altura foi recolhido e dividido de acordo com a classificação mencionada. O material classificado como “herbáceo” foi pesado (peso úmido total) e teve selecionada uma sub-amostra⁵ representativa, que novamente foi pesada (peso úmido da amostra). Em seguida, esta recebia uma identificação e era acondicionada em saco plástico para transporte. O material combustível verde (vivo) lenhoso, por sua vez, era primeiramente separado nas classes de diâmetro que o compunham. As classes de diâmetro encontradas eram pesadas (peso úmido total), sendo retirada sub-amostras representativas que também eram pesadas (peso úmido da amostra) e, posteriormente, recebiam identificação para, finalmente, serem acondicionadas em sacos plásticos para transporte;

⁴ Material acamado sobre o piso florestal.

⁵ As sub-amostras foram obtidas mediante a homogeneização do total de material obtido em cada uma das classes de material combustível, e possuíam peso úmido mínimo de 100 g.

- c) o material seco (morto) superficial, era separado nas classes de diâmetro encontradas, e seguiam os mesmos procedimentos acima mencionados.

3.2.5 Material Utilizado no Laboratório

Os materiais necessários para o desenvolvimento dos trabalhos em laboratório foram:

- a) duas estufas FANEM modelos 315 SE e 515 para secagem do material combustível;
- b) uma balança marca Ohaus com capacidade de 2610 g e precisão de 0,1 g para pesagem das sub-amostras de material combustível após período de secagem;
- c) computador;
- d) *software Excel* para armazenamento dos dados obtidos em campo;
- e) *software Statgraphics 4.1* para desenvolvimento das análises estatísticas.

3.2.5.1 Sequência de trabalho

O trabalho realizado em laboratório foi conduzido na seguinte sequência:

- a) secagem das sub-amostras do material combustível coletado nas parcelas em estufa, por um período de 48 horas à temperatura constante de 75°C;
- b) determinação do peso de matéria seca das sub-amostras;
- c) determinação do teor de umidade⁶ das sub-amostras (os dados de umidade não foram utilizadas neste trabalho);

⁶ Com base no peso seco da matéria, segundo a fórmula: $U\% = \frac{PU - PS}{PU} \times 100$, onde U% corresponde ao teor de umidade do material combustível, PU ao peso úmido e PS ao peso seco.

- d) determinação dos valores médios, para cada projeto, das seguintes variáveis: altura da vegetação verde (viva), espessura da liteira, área basal e densidade do material combustível nas respectivas classes de idade dos projetos;
- e) determinação da carga de material combustível total, da carga de material combustível verde (vivo), da carga de material combustível seco (morto) e da carga de material combustível por classe de diâmetro nas respectivas classes de idade dos projetos estudados (com base no peso seco da matéria);
- f) extrapolação dos resultados obtidos para hectare;
- g) desenvolvimento de cálculos estatísticos. Para esta etapa, considerou-se cada idade como sendo um tratamento, de forma que os projetos ficassem identificados da seguinte maneira: Classe de idade de 8 anos – Tratamento 1; Classe de idade de 19 anos – Tratamento 2; Classe de idade de 24 anos – Tratamento 3; Classe de idade de 25 anos – Tratamento 4 e Classe de idade de 38 anos – Tratamento 5. Para realização dos testes de comparação de médias, foi utilizado o Teste SNK⁷ – Student, Newman e Keuls. Tendo como base os resultados obtidos para cada uma das variáveis levantadas em campo (características do povoamento e do material combustível), foram testados diversos modelos (linear simples e múltiplo, polinomial, exponencial, logaritmo e potencial) com auxílio do *software Statgraphics 4.1*, sendo que os modelos escolhidos foram aqueles que apresentaram-se altamente significativos ao nível de 99% pelo Teste F, além do resultado expresso por r^2 (coeficiente de determinação). Para ilustrar graficamente o comportamento das variáveis dentro da amplitude temporal (idade como variável explicativa), foram escolhidos inclusive os modelos cujo valor de r^2 apresentou-se abaixo de 0,50 e as considerações foram realizadas à parte dos resultados obtidos nos testes de comparação de médias. Nestes gráficos, as linhas pontilhadas externas expressam o intervalo de confiança (95%).

⁷ A metodologia de cálculo para o teste de comparação de médias SNK pode ser encontrada em SOARES, R. V. **Biometria**: Delineamento de experimentos. Curitiba: FUPPEF. 1982. p. 22-23.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ÁREA BASAL

Esta variável indica, de maneira simplificada, a área total ocupada pelas árvores em um hectare, ou seja, a expressão do grau de ocupação da floresta sobre determinada área. Na prática, resulta da soma das áreas transversais de todas as árvores de uma amostra ou de um talhão. Neste estudo, os valores de área basal apresentados no Quadro 6 são referentes não apenas aos indivíduos de araucária, mas também às demais árvores existentes nos povoamentos selecionados.

QUADRO 6 – ÁREA BASAL ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$)

CLASSE DE IDADE	ÁREA BASAL ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$)
8 anos	6,80
19 anos	29,76
24 anos	40,13
25 anos	41,48
38 anos	32,65

Verificou-se que o valor de área basal obtido para o povoamento de 8 anos expressou sua condição de plantio jovem, onde os indivíduos de araucária concorrem, inclusive, com plantas pioneiras. O projeto com 19 anos refletiu a área basal obtida após a realização do desbaste, ocorrida no ano de 2003. Os projetos com 24 e 25 anos expressaram valores próximos entre si, provavelmente devido à semelhança de seus históricos de desenvolvimento, à diferença mínima de idade e à proximidade física das áreas onde se encontram. O projeto com 38 anos expressou um valor ligeiramente inferior aos povoamentos de 24 e 25 anos, e observações de campo verificaram diferenças na densidade dos indivíduos de araucária neste povoamento.

Os valores obtidos para área basal nas classes de idade foram submetidos à análise de variância e os resultados encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - ÁREA BASAL

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	9872,5	2468,12	94,36*
Erro	95	2484,91	26,157	
Total	99	12,357,4		

* significativo ao nível de 95%

A análise de variância detectou diferença estatística entre pelo menos um par de médias, de maneira que se procedeu ao teste de comparação de médias, cujo resultado está apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK- ÁREA BASAL

Teste de comparação de médias para "ÁREA BASAL" ($m^2 \cdot ha^{-1}$) em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

8	10	6,8	X
19	23	29,7609	X
38	23	32,6522	X
24	19	40,1316	X
25	25	41,48	X

Comparação Diferença

8 - 19	*-22,9609
8 - 24	*-33,3316
8 - 25	*-34,68
8 - 38	*-25,8522
19 - 24	*-10,3707
19 - 25	*-11,7191
19 - 38	-2,8913
24 - 25	-1,34842
24 - 38	*7,47941
25 - 38	*8,82783

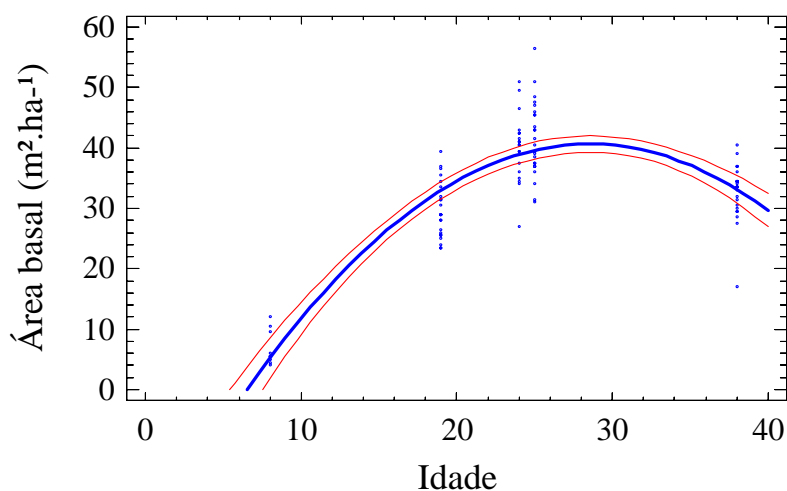
* expressam diferenças estatísticas significativas.

Verificou-se a existência de 3 grupos distintos na avaliação da área basal dos povoamentos estudados, sendo eles:

- a) grupo I: representado pelo povoamento de 8 anos de idade, e que apresentou a menor média para os valores de área basal;
- b) grupo II: representado pelos povoamentos de 19 e 38 anos. Faz-se necessário mencionar que estes dois povoamentos apresentaram-se problemáticos para análise devido às características de desenvolvimento dos mesmos (ver histórico no item 3.2.2), motivo pelo qual provavelmente assemelharam-se estatisticamente;
- c) grupo III: representado pelos povoamentos de 24 e 25 anos de idade. Neste caso, a igualdade estatística entre ambos é justificada pela proximidade das idades dos projetos e pelas condições semelhantes de desenvolvimento.

A análise gráfica (Gráfico 1) demonstra a tendência apresentada pelos valores de área basal em relação à idade dos povoamentos, embora o teste de comparação de médias não tenha apresentado diferenças estatísticas entre os povoamentos de 19 e 38 e 24 e 25 anos. As linhas pontilhadas externas representam o intervalo de confiança de 95%.

GRÁFICO 1 – ÁREA BASAL EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



O gráfico foi gerado pela equação que apresentou o melhor ajuste para a estimativa da área basal (considerando apenas a idade):

$$G = -27,7811 + 4,79417 \times I - 0,08396 \times I^2 \quad (r^2 = 0,76)$$

Sendo:

G: área basal, em $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$;

I: idade, em anos.

PIROLI e CHAFFE (2000), conduzindo um estudo sobre composição florística e estrutura fitossociológica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Sertão-RS, com área aproximada de 700 ha, relataram para araucária uma área basal de $18,43 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$.

SOARES (1968, p. 219) trabalhando em um plantio de araucária com 15 anos determinou valores de área basal entre 29,94 a $33,92 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$.

OLIVEIRA e ROTTA (1982 p. 1) em trabalho de levantamento da estrutura horizontal de uma floresta de araucária no planalto paranaense obtiveram valor de área basal média de $30,4 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$.

Embora a tipologia seja diferente, SOUZA (2000, p. 122) encontrou para um reflorestamento de *Pinus taeda* com idades entre 3 e 17 anos, respectivamente valores de área basal de 7,7 e $64,9 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$, e para um reflorestamento de *Eucalyptus dunnii* com idades entre 22 a 124 meses, área basal entre 2,6 a $35,3 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$. Em ambos os casos, as áreas basais destes povoamentos correspondentes à idade de 9 anos do povoamento de araucária, foram superiores ao valor obtido neste estudo.

4.2 ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE

A altura média da vegetação de sub-bosque é uma variável que expressa o resultado final da interação entre espécie florestal plantada, espaçamento (insolação), topografia, tipo de solo, condições climáticas, intervenções sofridas e idade do povoamento. Nos projetos estudados, obtiveram-se valores elevados para o sub-bosque do povoamento com 8 anos de idade, cujo dossel encontrava-se aberto, permitindo a passagem da radiação solar de forma bastante intensa, e valores mais baixos e

semelhantes entre si a partir dos 19 anos. O Quadro 7 apresenta os valores obtidos nos projetos analisados.

QUADRO 7 – ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE (m)

CLASSE DE IDADE	ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE (m)
8 anos	1,26
19 anos	0,51
24 anos	0,62
25 anos	0,70
38 anos	0,65

Observando-se os valores obtidos verificou-se que o povoamento de 8 anos apresentou um valor superior aos demais projetos. O resultado da análise de variância está apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	4,13193	1,03298	35,63*
Erro	95	2,75438	0,0289935	
Total	99	6,88631		

* significativo ao nível de 95%

O resultado da análise demonstrou que houve diferença estatística entre pelo menos um par de médias. Os resultados do teste de comparação de médias estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK- ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE

Teste de comparação de médias para "ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB BOSQUE" (m) em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE	nº parcelas	Média	Grupos homogêneos
19	23	0,511445	X
24	19	0,616837	XX
38	23	0,646317	XX
25	25	0,69998	X
8	10	1,2604	X

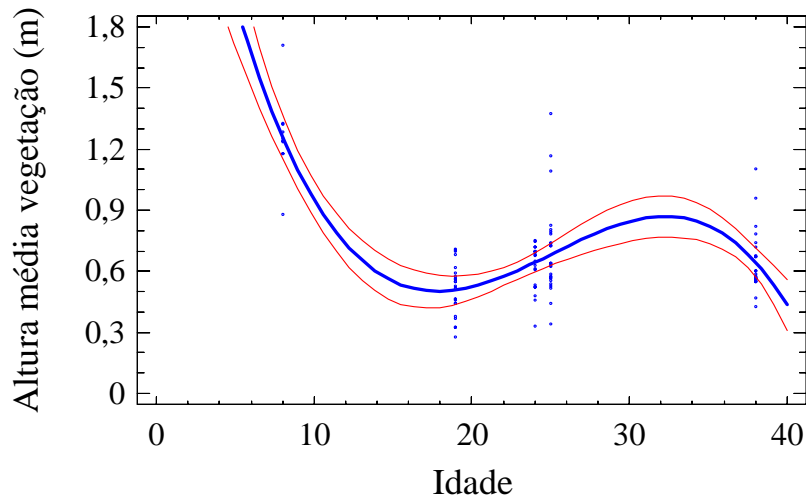
Comparação	Diferença
8 - 19	*0,748955
8 - 24	*0,643563
8 - 25	*0,56042
8 - 38	*0,614083
19 - 24	-0,105392
19 - 25	*-0,188535
19 - 38	-0,134873
24 - 25	-0,0831432
24 - 38	-0,0294805
25 - 38	0,0536626

* expressam diferenças estatísticas significativas.

De acordo com o resultado do teste de comparação de médias, verificou-se que o povoamento de 8 anos de idade foi diferente de todos os outros; o projeto com 19 anos foi estatisticamente igual aos projetos de 24 e 38 anos, porém diferente do projeto de 25 anos. Verificou-se que os projetos com 24, 25 e 38 anos de idade apresentaram médias estatísticas iguais entre si para os valores de altura média da vegetação de sub-bosque, podendo-se afirmar que a altura média da vegetação é semelhante nas idades mais avançadas do reflorestamento de araucária.

O Gráfico 2 apresenta a tendência dos valores da altura média da vegetação do sub bosque em função da idade dos povoamentos.

GRÁFICO 2 – ALTURA MÉDIA DA VEGETAÇÃO DE SUB-BOSQUE EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



O gráfico foi gerado pela equação que apresentou o melhor ajuste para a estimativa da altura média da vegetação de sub-bosque (considerando apenas a idade).

$$hV = 3,62305 - 0,42834 \times I + 0,0186163 \times I^2 - 0,000247514 \times I^3 \quad (r^2 = 0,58)$$

Sendo:

hV : altura média da vegetação do sub-bosque, em metros;

I : idade, em anos.

Observando-se a tendência da altura média da vegetação de sub-bosque para a idade de 19 anos, foi possível observar uma redução desta variável nesta faixa de idade, sendo possível inferir que provavelmente esta curva não se apresentaria tão acentuada caso o povoamento correspondente não tivesse sofrido intervenção. O desbaste sofrido por este povoamento provavelmente ocasionou uma maior abertura do dossel, permitindo a entrada de luz e, conseqüentemente, esperava-se um valor elevado para a altura média da vegetação de sub-bosque, entretanto, o resultado não foi condizente. Acredita-se que o intervalo entre o desbaste e a realização da coleta de campo (inferior a 1 ano) não tenha sido suficiente para que o sub-bosque se desenvolvesse de forma evidente, reforçado ainda pelo fato de que, apesar do desbaste, as copas das araucárias continuaram oferecendo sombreamento à superfície do projeto.

Além disso, é prática comum da empresa a realização de roçada antes da efetuação do desbaste, o que evidenciaria a baixa altura da vegetação neste povoamento.

4.3 DENSIDADE DE CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL TOTAL

A densidade de carga expressa a massa do material combustível que ocupa determinado volume. De maneira simplificada, pode ser entendida pela relação entre o peso do material combustível distribuído sobre a área de 1 m² e sua respectiva espessura. Os valores obtidos para esta variável encontram-se no Quadro 8.

QUADRO 8 – DENSIDADE DE CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL TOTAL (g.cm⁻³)

CLASSE DE IDADE	DENSIDADE DE CARGA (g.cm ⁻³)
8 anos	0,00
19 anos	0,052
24 anos	0,033
25 anos	0,023
38 anos	0,040

O projeto com 8 anos de idade apresentou valor nulo para esta variável porque não possuía espessura de liteira, necessária para o cálculo do volume. A liteira é formada pelo acúmulo de materiais vegetais depositados (serapilheira) sobre a superfície de determinada área. No caso deste povoamento, a vegetação que compunha o sub-bosque era extremamente densa e constituída na sua quase totalidade por gramíneas (classe herbáceo) e cuja área não apresentou, neste estágio, o estabelecimento de outras espécies florestais. A Tabela 5 apresenta a análise de variância para esta variável.

TABELA 5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - DENSIDADE DE CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	0,0230891	0,00577227	24,27*
Erro	95	0,0225982	0,000237876	
Total	99	0,0456873		

* significativo ao nível de 95%

A análise de variância demonstrou diferenças entre os tratamentos, sendo por isso necessária a realização do teste de comparação de médias, cujo resultado encontra-se na Tabela 6.

TABELA 6 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK- DENSIDADE DE CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL

Teste de comparação de médias para "DENSIDADE DE CARGA DO MC" (g.cm^{-3}) em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
8	10	0,0	X
25	25	0,0230478	X
24	19	0,0332226	XX
38	23	0,0402964	X
19	23	0,0522357	X

Comparação	Diferença
8 - 19	*-0,0522357
8 - 24	*-0,0332226
8 - 25	*-0,0230478
8 - 38	*-0,0402964
19 - 24	*0,019013
19 - 25	*0,0291879
19 - 38	*0,0119393
24 - 25	0,0101749
24 - 38	-0,00707373
25 - 38	*-0,0172486

* expressam diferenças estatísticas significativas.

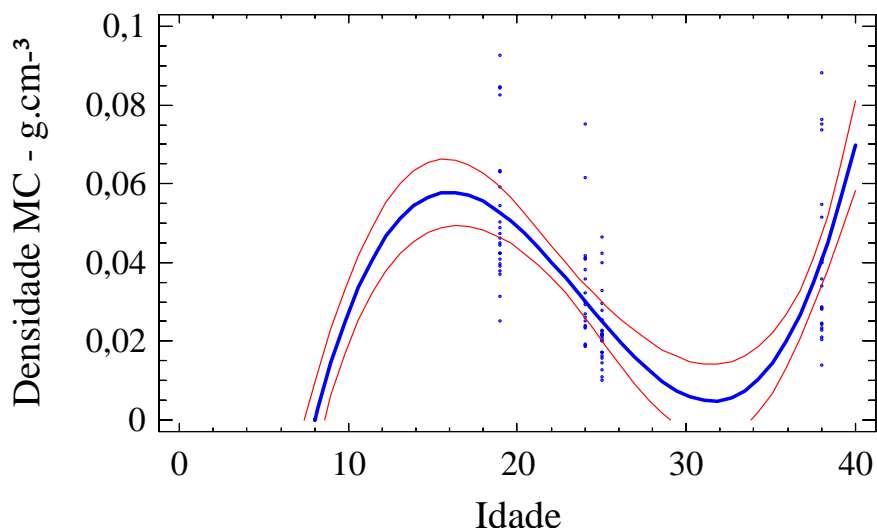
Pelo teste de comparação de médias verificou-se que tanto o projeto de 8 anos quanto o projeto de 19 anos apresentavam densidades de carga diferentes tanto dos

demais povoamentos quanto entre si. Os projetos com 24 e 25 anos de idade possuíam densidade de carga estatisticamente iguais, da mesma forma que entre os projetos de 24 e 38 anos. Por outro lado, os projetos com 25 e 38 anos apresentavam densidades de carga diferentes entre si.

A densidade de carga depende da massa de material existente sobre determinada área e da espessura que ela ocupa. Notou-se que o povoamento com 19 anos de idade possuía a maior densidade de carga dentre todos os projetos, sendo que este apresentava a menor carga de material combustível, evidenciando uma compactação da liteira provavelmente resultante do processo de desbaste ocorrido no ano de 2003, em decorrência de tráfego intenso e o uso de maquinário no processo de exploração.

O Gráfico 3 apresenta os valores de densidade de carga em função da idade dos povoamentos.

GRÁFICO 3 – DENSIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



O gráfico foi gerado pela equação que apresentou o melhor ajuste para a estimativa da densidade do material combustível (considerando apenas a idade).

$$dMC = -0,231181 + 0,0433773 \times I - 0,0020398 \times I^2 + 0,0000285863 \times I^3 \quad (r^2 = 0,48)$$

Sendo:

dMC: densidade do material combustível, em g.cm⁻³;

I: idade, em anos.

O comportamento da curva através da linha de tempo expressou a variação dos valores obtidos para a densidade de carga nas idades e, provavelmente, esta curva não seria tão acentuada se o povoamento de 19 anos não tivesse sofrido intervenção. Também é provável que o aumento da densidade do material combustível, observado no povoamento de 38 anos, seja decorrente da maior quantidade dos materiais pertencentes às classes de menor diâmetro depositados sobre a superfície deste.

SOUZA (2000, p. 72) encontrou para um povoamento de *Pinus taeda* com idades entre 4 e 17 anos, sem desbaste, valores entre 0,022 e 0,027 g.cm⁻³. Apesar de serem tipologias diferentes, os povoamentos de araucária com 24 e 25 anos, ambos também sem desbaste, apresentaram valores respectivos de 0,033 e 0,023 g.cm⁻³.

4.4 ESPESSURA DA LITEIRA

A espessura da liteira depende do tipo de cobertura vegetal existente sobre a superfície do solo e da deposição de serapilheira, sendo bastante sensível a variações ocasionadas tanto por fatores naturais quanto antrópicos. São fatores naturais, além da cobertura vegetal, a época do ano (alteração na deposição da serapilheira), regime de chuvas, atividade da fauna (compactação e/ou até mesmo “re-arranjo” da disposição dos combustíveis sobre o solo, provocando alterações na espessura da liteira) e velocidade de ciclagem dos nutrientes. Considerou-se como espessura da liteira a altura total média da manta depositada sobre a superfície da floresta, sendo que o valor de cada parcela (Quadro 9) foi obtida a partir de 4 medições, feitas em cada uma das laterais do gabarito de 1 m².

QUADRO 9 – ESPESSURA DA LITEIRA (cm)

CLASSE DE IDADE	ESPESSURA MÉDIA DA LITEIRA (cm)
8 anos	0,00
19 anos	2,22
24 anos	5,12
25 anos	6,94
38 anos	3,96

Observou-se um valor de 2,22 cm para espessura da liteira no povoamento de 19 anos, evidenciando a ação de desbaste sobre a superfície deste projeto.

No povoamento de 38 anos foi verificada a presença e ação de porcos do mato, que provocaram alterações visíveis na disposição do material combustível. Quando em busca de alimento (pinhão), estes animais removiam e aglomeravam os materiais dispostos sobre a superfície, causando a descontinuidade do material combustível numa intensidade que, muitas vezes, desprovia totalmente o solo da vegetação e serapilheira. Tal fato provavelmente afetou os resultados da espessura média da liteira neste povoamento.

A Tabela 7 apresenta os resultados da análise de variância para esta variável.

TABELA 7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - ESPESSURA DA LITEIRA

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	471,447	117,862	41,14*
Erro	95	272,189	2,86515	
Total	99	746,636		

* significativo ao nível de 95%

Tendo sido detectadas diferenças significativas entre os tratamentos, procedeu-se a comparação das médias, cujos resultados encontram-se na Tabela 8.

TABELA 8 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK-ESPESSURA DA LITEIRA

Teste de comparação de médias para "ESPESSURA DA LITEIRA" (cm) em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
8	10	0,0	X
19	23	2,22283	X
38	23	3,95652	X
24	19	5,11842	X
25	25	6,944	X

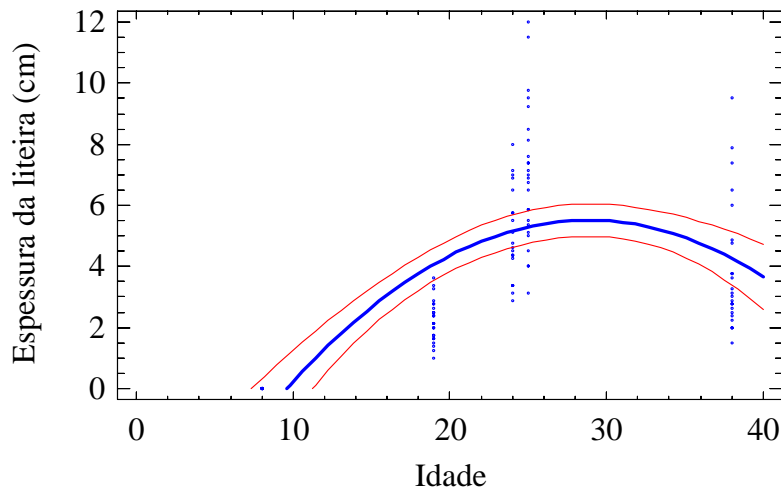
Comparação Diferença

8 - 19	*-2,22283
8 - 24	*-5,11842
8 - 25	*-6,944
8 - 38	*-3,95652
19 - 24	*-2,89559
19 - 25	*-4,72117
19 - 38	*-1,7337
24 - 25	*-1,82558
24 - 38	*1,1619
25 - 38	*2,98748

* expressam diferenças estatísticas significativas.

O teste de comparação de médias demonstrou que os valores da espessura da liteira foram diferentes para cada classe de idade dos povoamentos de araucária, e que estes valores eram característicos inclusive para os povoamentos com diferença de idade de 1 ano. O Gráfico 4 ilustra a tendência dos valores desta variável em função das idades dos povoamentos.

GRÁFICO 4 – ESPESSURA DA LITEIRA EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



O gráfico foi gerado pela equação que apresentou o melhor ajuste para a estimativa dos valores de espessura da liteira (considerando apenas a idade).

$$el = -6,87216 + 0,858878 \times I - 0,014885 \times I^2 \quad (r^2 = 0,41)$$

Sendo:

el: espessura da liteira, em cm;

I: idade, em anos.

Conforme o Gráfico 4, observou-se uma tendência de queda da espessura da liteira com o avançar da idade, semelhante ao comportamento apresentado pelos valores de área basal.

BATISTA (1995, p. 51), relatou para um povoamento de *Pinus taeda* com 13 anos sem desbaste, espessura total média da liteira com 5,3 cm, valor este semelhante aos obtidos nos povoamentos com 24 e 25 anos. No pinus a espessura da liteira é resultante principalmente da deposição e acúmulo das acículas, enquanto que nos povoamentos de araucária estudados a grimpia foi a responsável principal por este valor.

4.5 CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL

Essa variável expressa a massa total de combustível existente nos povoamentos, sendo resultante da soma das cargas dos combustíveis verdes (vivos) e dos combustíveis secos (mortos). O Quadro 10 apresenta os valores de carga total do material combustível em função da idade dos povoamentos.

QUADRO 10 – CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL (t.ha⁻¹)

CLASSE DE IDADE	CARGA (t.ha ⁻¹)
8 anos	20,13
19 anos	10,76
24 anos	15,84
25 anos	14,81
38 anos	13,24

Embora de composição fundamentalmente diferente, RIBEIRO e SOARES (1998, p. 65), em um estudo sobre caracterização de material combustível superficial de um povoamento de *Eucalyptus viminalis* com 10 anos de idade, realizado no município de Três Barras - SC, encontraram valores médios de carga de 27 t.ha⁻¹. SOARES (1979, p. 50 – 53), em pesquisa desenvolvida no município de Sacramento - MG, registrou valores de carga para material combustível de *Pinus oocarpa*, com idade entre 4,5 e 7,5 anos, de 1,2 a 17,3 t.ha⁻¹, e para *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* com idades entre 5 e 7,5, de 2,3 a 13,8 t.ha⁻¹. BATISTA (1995, p. 50), determinou em um povoamento de *Pinus taeda* com 12 anos de idade, sem desbaste, localizado no município de Sengés - PR, carga de 12,53 t.ha⁻¹. No município de Telêmaco Borba - PR, VALERI e REISSMANN (1989, p. 58), também trabalhando em povoamentos de *Pinus taeda*, determinaram cargas de 7,7; 19,7 e 24,3 t.ha⁻¹ para as idades de 7, 10 e 14 anos, respectivamente.

Os valores de carga obtidos nos projetos avaliados foram submetidos à análise de variância, e os resultados encontram-se na Tabela 9.

TABELA 9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	705,169	176,292	10,12*
Erro	95	1654,62	17,417	
Total	99	2359,79		

* significativo ao nível de 95%

O resultado da análise de variância detectou diferença estatística entre pelo menos um par de médias. Assim, procedeu-se ao teste de comparação de médias, cujo resultado está apresentado na Tabela 10.

TABELA 10 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL

Teste de comparação de médias para "CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL" ($t.ha^{-1}$) em função da IDADE

Métodos: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
19	23	10,7612	X
38	23	13,2398	XX
25	25	14,8142	X
24	19	15,8395	X
8	10	20,1304	X

Comparação	Diferença
8 - 19	*9,36918
8 - 24	*4,29088
8 - 25	*5,31622
8 - 38	*6,89059
19 - 24	*-5,0783
19 - 25	*-4,05296
19 - 38	-2,47859
24 - 25	1,02534
24 - 38	2,59971
25 - 38	1,57437

* expressam diferenças estatísticas significativas.

Com base na análise estatística verificou-se que o povoamento de 8 anos de idade apresentou um valor de carga diferente dos demais plantios analisados. Isto decorreu

do fato deste ser composto principalmente de material combustível herbáceo, em uma quantidade que difere significativamente do restante dos projetos. O material herbáceo no povoamento de 8 anos de idade apresentou-se bastante denso e com altura média elevada contribuindo, assim, para valores de carga bastante expressivos. Os povoamentos de 24, 25 e 38 anos de idade, possuíam valores de carga estatisticamente iguais entre si, demonstrando não haver diferenças significativas de carga a partir de 24 anos. O povoamento de 19 anos diferiu estatisticamente dos povoamentos com 24 e 25 anos de idade, entretanto, em relação ao povoamento com 38 anos, não houve diferença, evidenciando os efeitos das intervenções e do desenvolvimento destes 2 projetos.

4.5.1 Carga Total de Material Combustível Verde (vivo)

O Quadro 11 apresenta os valores de carga da classe de combustíveis verdes referentes aos povoamentos analisados.

QUADRO 11 – CARGA TOTAL DO MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE

CLASSE DE IDADE	CARGA MC VERDE (VIVO) - t.ha ⁻¹
8 anos	19,91
19 anos	1,07
24 anos	1,73
25 anos	2,21
38 anos	2,05

No Quadro 11 foi possível verificar a diferença de carga entre o povoamento de 8 anos de idade e os demais. Observou-se que no povoamento jovem a carga dos combustíveis florestais foi composta principalmente pelos materiais verdes (vivos) e que, apesar da significativa redução de seu valor nas idades mais avançadas, os combustíveis verdes possuem participação em todos os povoamentos analisados.

A Tabela 11 apresenta o resultado da análise de variância dos valores de carga do combustível verde.

TABELA 11 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE (VIVO)

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	2978,81	744,702	257,62*
Erro	95	274,617	2,89071	
Total	99	3253,42		

* significativo ao nível de 95%

O resultado da análise de variância detectou diferença estatística entre pelo menos um par de médias. O teste de comparação de médias (Tabela 12) apresenta as diferenças estatísticas entre os povoamentos.

TABELA 12 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE

Teste de comparação de médias para "CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE" ($t \cdot ha^{-1}$) em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

19	23	1,07011	X
24	19	1,73184	X
38	23	2,0478	X
25	25	2,21064	X
8	10	19,9145	X

Comparação Diferença

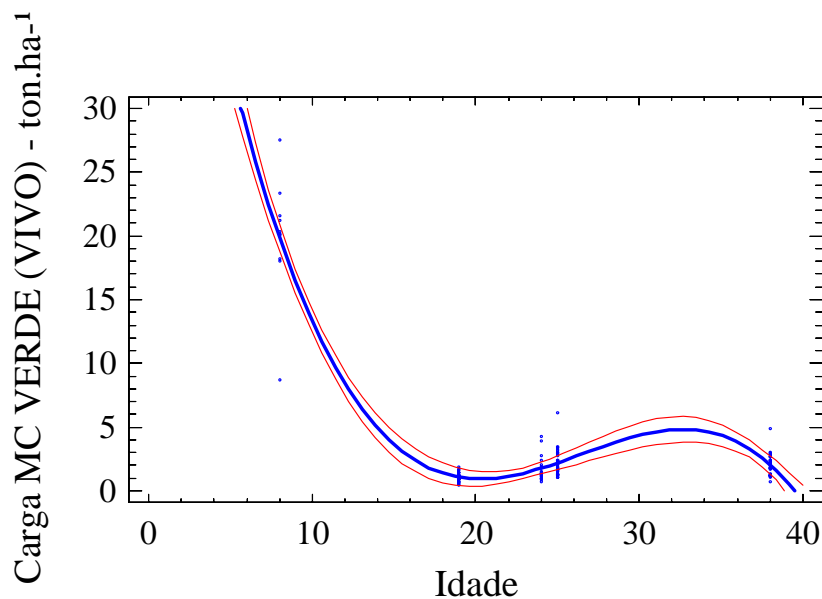
8 - 19	*18,8444
8 - 24	*18,1827
8 - 25	*17,7039
8 - 38	*17,8667
19 - 24	-0,661733
19 - 25	-1,14053
19 - 38	-0,977695
24 - 25	-0,478798
24 - 38	-0,315962
25 - 38	0,162836

* expressam diferenças estatísticas significativas.

De acordo com o teste, verificou-se que o povoamento com 8 anos de idade diferenciou-se estatisticamente dos demais, formando um grupo único.

O Gráfico 5 apresenta a tendência dos valores de carga do combustível verde em função da idade dos povoamentos.

GRÁFICO 5 – CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE (VIVO) EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



O gráfico foi gerado pela equação que apresentou o melhor ajuste para a estimativa da carga de combustível verde (considerando apenas a idade).

$$C_v = 66,1028 - 8,1021 \times I + 0,323677 \times I^2 - 0,0040743 \times I^3 \quad (r^2 = 0,91)$$

Sendo:

C_v : carga de material combustível verde (vivo), em t.ha⁻¹;

I : idade, em anos.

Observou-se que, apesar de não terem sido detectadas diferenças estatísticas entre as cargas dos povoamentos de 19, 24, 25 e 38 anos, existe uma tendência de redução da carga de material combustível verde (vivo) com o avanço da idade dos povoamentos. Parte deste valor é explicado pela redução da carga da classe “herbáceo”, responsável pela maior percentagem nos valores de carga de combustível verde.

4.5.2 Carga Total de Material Combustível Seco (morto)

O Quadro 12 apresenta os valores de carga da classe dos combustíveis secos referentes aos povoamentos analisados.

QUADRO 12 – CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO

CLASSE DE IDADE	CARGA MC SECO (MORTO) - t.ha ⁻¹
8 anos	0,22
19 anos	9,70
24 anos	14,11
25 anos	12,60
38 anos	11,19

Observando-se o Quadro 12, verificou-se efetiva participação dos combustíveis desta classe a partir do povoamento com idade de 19 anos.

A Tabela 13 apresentou os resultados da análise de variância dos valores de carga de material seco.

TABELA 13 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO (MORTO)

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	1439,17	359,792	27,06*
Erro	95	1263,15	13,2963	
Total	99	2702,32		

* significativo ao nível de 95%

Tendo sido detectadas diferenças entre pelo menos um par de médias, procedeu-se ao teste de comparação de médias, cujos resultados foram expressos na Tabela 14.

TABELA 14 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO

Teste de comparação de médias para "CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO" (t.ha⁻¹) em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE	nº parcelas	Média	Grupos homogêneos
8	10	0,215911	X
19	23	9,69112	X
38	23	11,192	XX
25	25	12,6035	XX
24	19	14,1077	X

Comparação	Diferença
8 - 19	*-9,47521
8 - 24	*-13,8918
8 - 25	*-12,3876
8 - 38	*-10,9761
19 - 24	*-4,41657
19 - 25	*-2,91243
19 - 38	-1,50089
24 - 25	1,50414
24 - 38	*2,91567
25 - 38	1,41154

* expressam diferenças estatísticas significativas.

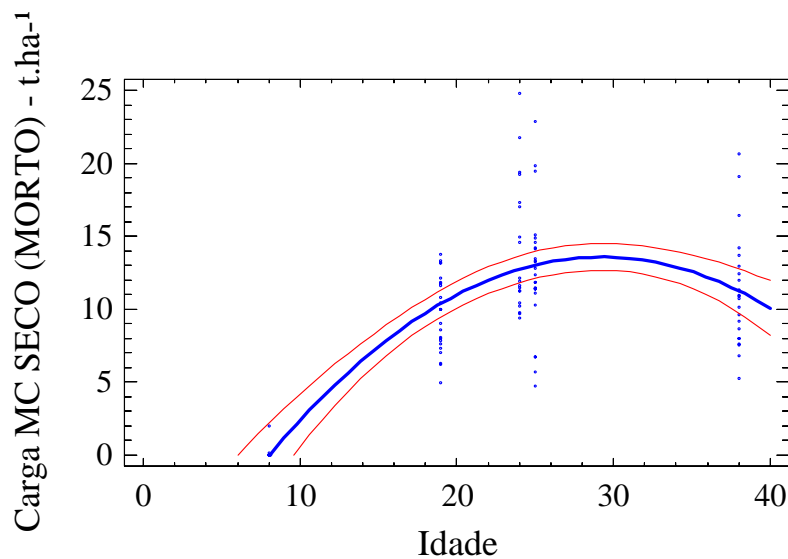
Observando os resultados da Tabela 14, verificou-se que:

- o povoamento com 8 anos de idade formou um grupo único, devido à expressiva diferença de carga apresentado por este em relação aos outros povoamentos analisados;
- não foram detectadas diferenças estatísticas entre os povoamentos com 19 e 38 anos, 24 e 25 anos e 25 e 38 anos;
- os povoamentos com 19 e 24 anos, 19 e 25 anos e 24 e 38 anos apresentaram diferenças estatísticas.

Este resultado expressou as particularidades apresentadas pelos povoamentos de 19 e 38 anos, cujo histórico de intervenções (roçadas, desbastes e tratos culturais) interferiram diretamente sobre o sub-bosque e, conseqüentemente, refletiram os resultados de carga do material combustível.

O Gráfico 6 apresenta os valores de combustível seco em função da idade dos povoamentos.

GRÁFICO 6 – CARGA TOTAL DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO (MORTO) EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



O gráfico foi gerado pela equação que apresentou melhor ajuste para a estimativa de carga de material combustível seco (considerando apenas a idade).

$$C_s = -12,2976 + 1,76932 \times I - 0,0302427 \times I^2 \quad (r^2 = 0,50)$$

Sendo:

C_s : material combustível seco (verde), em $t.ha^{-1}$;

I : idade, em anos.

No gráfico acima, verificou-se uma tendência à diminuição da carga de material combustível seco (morto) com o envelhecimento do povoamento.

Mesmo considerando o histórico de desenvolvimento do projeto mais velho, convém citar que BRAY e GORHAM citados por KOEHLER (1989, p. 11), mencionaram que “Com relação à idade das árvores, em geral observa-se um aumento da deposição de serapilheira até a idade madura ou fechamento das copas, após o que pode ocorrer um pequeno decréscimo ou estabilização”, lembrando que a produção de serapilheira não foi estudada mas que, porém, ela possui relação direta com a quantidade de material combustível seco existente sobre a superfície do terreno.

4.6 CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL POR CLASSES DE DIÂMETRO

Esta análise objetivou fornecer os valores médios de carga obtidos para cada uma das classes de diâmetro do material combustível, possibilitando a identificação das variáveis que exerceram maior influência sobre a carga total dos combustíveis nos povoamentos de araucária, de acordo com a idade dos plantios. O Quadro 13 apresenta as cargas das classes de diâmetro em função da idade dos povoamentos..

QUADRO 13 – VALORES MÉDIOS DE CARGA (g.m²) DAS CLASSES DE DIÂMETRO DE ACORDO COM A IDADE DOS POVOAMENTOS

Classe de idade	MATERIAL VERDE (VIVO) - g.m ²				MATERIAL SECO (MORTO) - g.m ²						TOTAL g.m ²	
	Herbáceo	V1	V2	V3	MISCELÂNEA	S1	S2	S3	S4	Estróbilo		Grimpa
		< 0,7 cm	0,71 a 2,5 cm	2,51 a 7,6 cm		< 0,7 cm	0,71 a 2,5 cm	2,51 a 7,6 cm	> 7,6 cm			
8 anos	1991,45 a	0,00 a	00,0 a	0,00	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00	0,00 a	21,59 a	2013,04
19 anos	97,44 b	7,92 a	1,65 a	0,00	485,34 b	34,85 b	146,78 b	2,22 a	0,00	0,00 a	299,92 b	1076,12
24 anos	61,48 b	54,26 b	44,57 ab	12,88	574,11 b	66,04 c	156,55 b	38,62 a	0,00	1,34 a	574,12 c	1683,95
25 anos	89,19 b	58,9 b	72,2 b	0,77	523,99 b	54,64 c	127,64 b	35,12 a	0,00	2,54 a	516,42 c	1481,42
38 anos	38,76 b	86,18 c	72,37 b	7,47	498,86 b	91,83 d	93,42 b	124,55 b	1,98	5,82 b	302,74 b	1323,98

Médias seguidas por letras diferentes indicam as diferenças estatísticas existentes na comparação entre os pares de valores da mesma classe, em relação às idades dos povoamentos.

De acordo com o Quadro 13, as classes “miscelânea”, “S2” e “grimpa” foram as que apresentaram maior participação sobre os valores de carga de material combustível em todas as classes de idade estudadas, sendo única exceção o povoamento com 8 anos de idade. Materiais da classe V3 (2,51 e 7,6 cm) foram registrados a partir do povoamento de 24 anos de idade, enquanto que os combustíveis secos com este diâmetro, a partir do povoamento de 19 anos. A classe V4 (> 7,6 cm) não foi observada em nenhuma das idades analisadas; material seco (morto) com este diâmetro, somente foi registrado no povoamento de 38 anos de idade e com pequena participação sobre o valor de carga. A classe “Estróbilo” foi registrada a partir do

povoamento de 24 anos de idade, aumentando os valores de percentagem nas classes de idade seguintes. As demais classes de combustível foram registradas a partir do povoamento de 19 anos.

BATISTA (1995, p. 50), avaliando um povoamento de *Pinus taeda* de 12 anos de idade sem desbaste, encontrou valor médio de 46,21 g.m⁻² para materiais secos com diâmetro entre 0 a 0,7 cm. Para materiais secos com diâmetros entre 0,7 a 2,5 cm, o mesmo autor encontrou valor médio de 112,64 g.m⁻².

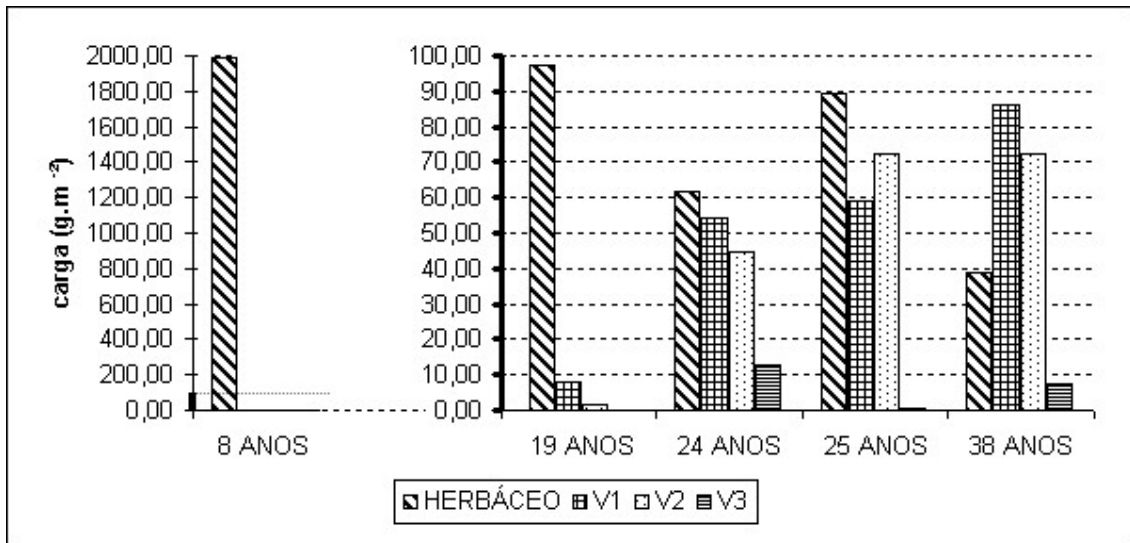
KOEHLER (1989, p. 39) obteve para povoamentos de *Pinus taeda* com 15 anos de idade, valores de carga de acículas variando entre 486,2 a 664,3 g.m⁻². Contrapondo estes valores à classe “grimpa”, verificou-se que os povoamentos estudados apresentaram, respectivamente, para as idades de 19, 24, 25 e 38 anos, cargas de 299,92; 574,12; 516,42 e 302,73 g.m⁻².

RIBEIRO (1997, p. 76), trabalhando com povoamentos de *Eucalyptus viminalis* encontrou para a classe C-1MD (“material orgânico em decomposição, menor que 0,6 cm de espessura ou diâmetro, de forma não definida, que se encontra em contato com o solo mineral”), valores médios de 1323,05 g.m⁻². Em comparação, a classe “miscelânea” deste estudo obteve valores médios de 520,57 g.m⁻².

4.6.1 Classes de Diâmetro do Material Combustível Verde (vivo)

O Gráfico 7 ilustra as cargas obtidas para os materiais combustíveis verdes. Devido a grande diferença de valores entre a classe de 8 anos de idade e as demais, optou-se pela plotagem do gráfico em escalas apropriadas, de forma a não prejudicar a visualização das classes de menor valor.

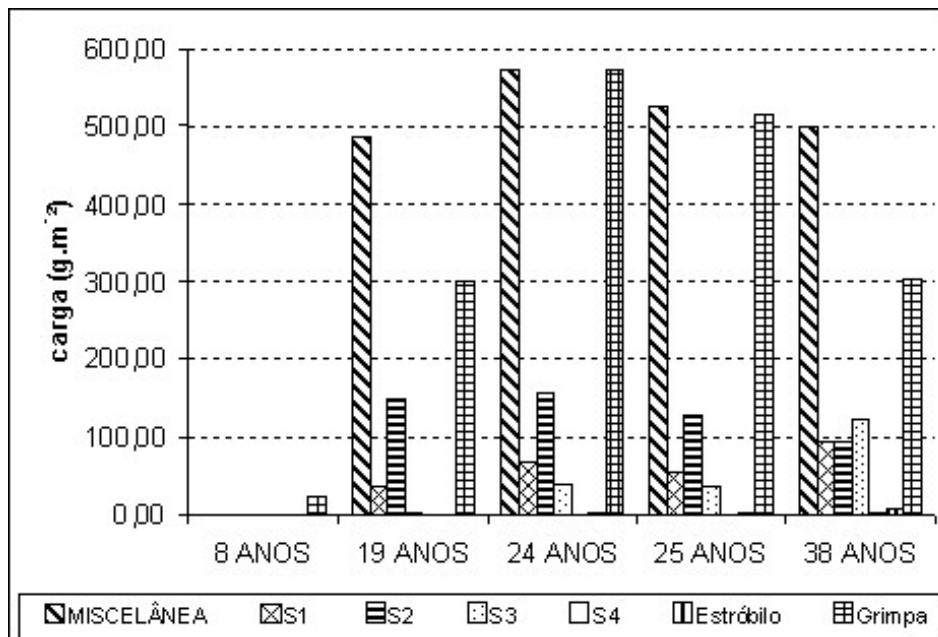
GRÁFICO 7 – CARGA DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL VERDE (g.m²)



Verificou-se que, embora a classe “herbáceo” tenha apresentado uma redução significativa de seu valor em relação aos povoamentos com idades mais avançadas, esta manteve valores superiores aos das classes V1, V2 e V3, sendo única exceção o povoamento de 38 anos, onde a carga da classe “V1”(materiais lenhosos verdes com diâmetro até 0,7 cm) foi maior.

4.6.2 Classes de Diâmetro do Material Combustível Seco (morto)

No Gráfico 8 estão representados os valores de carga das classes de material combustível seco (morto) obtidos para as respectivas idades.

GRÁFICO 8 – CARGA DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SECO (g.m⁻²)

No Gráfico 8, foi possível observar que as classes de combustível “miscelânea”, “S2” e “grimpa” apresentaram valores superiores às demais classes de combustível nas diferentes idades avaliadas. São estas as classes que possuem maior participação na determinação dos valores totais de carga dos combustíveis secos.

Em termos gerais, os materiais combustíveis secos (mortos) são aqueles depositados sobre a superfície da floresta. KOEHLER (1989, p. 01), definiu serapilheira como sendo o material recém-caído, na parte superficial do piso da floresta, consistindo-se sobretudo de folhas, fragmentos de casca, galhos, flores, frutos e outras partes, muito semelhante à definição dada por GOLLEY *et al* (1978, p. 70). BRAY e GORHAM⁸ citados por KOEHLER (1989, p. 12) mencionaram que “... uma vez que as copas estejam fechadas a produção de serapilheira parece ser pouco afetada pela densidade das árvores. Mas nas florestas plantadas, quando ocorre um desbaste, haverá uma diminuição na produção de serapilheira proporcional à intensidade do

⁸ BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in the forests of the world. **Advances in Ecological Research**. New York, v. 2, p. 101 – 157, 1964.

mesmo.” De uma maneira aproximada, a hipótese de que a ação de desbaste ocorrida em 2003 teria ocasionado a redução da carga do material combustível sobre o povoamento de 19 anos pode ser considerada, desde que com menor importância, pois a diferença de tempo entre a intervenção e a coleta de dados foi pequena, sendo que a alteração de produção de serapilheira não seria perceptível. Assim sendo, a ação direta sobre a superfície do povoamento que resultou, inclusive, na compactação do terreno, seria a provável responsável pela redução da carga de material combustível.

4.6.3 Proporção Representativa das Classes de Diâmetro do Material Combustível (%)

Em termos percentuais de carga por classe de diâmetro dos materiais combustíveis, cada povoamento, com sua respectiva idade, apresentou diferenças quanto à proporção de material combustível existente, conforme pode ser verificado no Quadro 14.

QUADRO 14 – COMPARAÇÃO DAS PROPORÇÕES (%) DE CARGA EXISTENTES PARA CADA CLASSE DE DIÂMETRO EM RELAÇÃO ÀS IDADES DOS POVOAMENTOS

Classe de idade	MATERIAL VERDE (VIVO) - %				MATERIAL SECO (MORTO) - %						
	Herbáceo	V1	V2	V3	MISCELÂNEA	S1	S2	S3	S4	Estróbilo	Grimpa
		< 0,7 cm	0,7 a 2,5 cm	2,51 a 7,6 cm		< 0,7 cm	0,7 a 2,5 cm	2,51 a 7,6 cm	> 7,6 cm		
8 anos	98,93	\	\	\	\	\	\	\	\	\	1,07
19 anos	9,05	0,74	0,15	\	45,1	3,24	13,64	0,21	\	\	27,87
24 anos	3,88	3,43	2,81	0,81	36,25	4,17	9,88	2,44	\	0,08	36,25
25 anos	6,02	3,98	4,87	0,05	35,37	3,69	8,62	2,37	\	0,17	34,86
38 anos	2,93	6,51	5,47	0,56	37,68	6,94	7,06	9,41	0,15	0,44	22,87

A carga de material combustível no povoamento de 8 anos de idade era composto, em sua maioria, por materiais verdes da classe “herbáceo”, e observou-se que a presença da classe “grimpa” (1,07%), neste povoamento, era resultante das práticas de manejo (desrama) ocorridas em 2002. SOUZA (2000, p. 69) mencionou

que nos povoamentos por ele estudados, uma maior quantidade de luz incidente sobre o piso dos talhões nas idades mais jovens pode ter favorecido o desenvolvimento da vegetação herbácea, fato condizente ao observado nesta pesquisa. BRENDER⁹ *et al* (1976) citado por SOUZA (2000, p. 70) citou que “...em povoamentos de idades mais jovens a vegetação invasora constitui a maior fração deste combustível, enquanto nas idades mais avançadas, o material morto do piso florestal chega a contribuir com até 97% da carga total do combustível superficial...”. SOUZA (2000, p. 70) também mencionou que “...os combustíveis com diâmetro acima de 25 mm não tiveram participação significativa na carga de combustível total após o fechamento do dossel.” Observando as classes V3 e V4 e S3 e S4 no Quadro 12, para as idades de 19, 24, 25 e 38 anos, foi verificada, também, uma pequena participação destas neste estudo.

A somatória das percentagens das classes dos combustíveis verdes para as idades de 19, 24, 25 e 38 anos foram, respectivamente, 9,94%, 10,93%, 14,92% e 15,47%. RIBEIRO e SOARES (1998, p. 65) encontraram valores de 9,41% para a classe de materiais verdes em um povoamento de *Eucalyptus viminalis* com 13 anos. Os mesmos autores registraram valores médios de 49,18% para materiais finos em decomposição. Em contraposição, a classe “miscelânea” registrou valores de 45,1% para a classe de idade 19 anos, 36,25% para a classe de 24 anos, 35,37% para a classe de 25 anos e 37,68% para a classe de 38 anos de idade.

Em valores médios, observou-se que “miscelânea”, “S2” e “Grimpa”¹⁰ participavam respectivamente com 38,6%, 9,8% e 30,46% dos valores de carga dos combustíveis sobre os povoamentos, ou seja, juntas respondiam por 78,86% da quantidade de material combustível existente no reflorestamento de araucária. Entretanto, despertou atenção o fato de que estas classes de material combustível apresentaram redução de seus valores com o avançar da idade dos povoamentos. Desta forma evidenciou-se que, possivelmente, povoamentos mais velhos de araucária plantada tenderiam a apresentar uma menor carga de material combustível. Explicação

⁹ BRENDER, E. V.; McNAB, W. H.; WILLIAMS, S. **Fuel accumulations in Piedmont loblolly pine plantations**. North Carolina: USDA Forest Service, 1976. (Research Note INT-210).

¹⁰ Para o cálculo do valor médio, não foi considerada a percentagem da classe de 8 anos de idade por esta ser oriunda de poda, e não da queda natural.

provável para isso seria o fato de que, quanto maior a idade do povoamento, maior seria o fechamento do dossel, menor seria a incidência de luz e conseqüentemente mais lento seria desenvolvimento do sub-bosque, por este ser composto, neste estágio, de espécies secundárias iniciais e tardias, além de, possivelmente, uma maior velocidade de decomposição dos materiais dipostos sobre o solo.

4.7 ANÁLISE INDIVIDUAL DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL

A seguir são apresentadas, de maneira individual, as classes de material combustível e suas respectivas cargas em cada um dos povoamentos. Estas análises objetivaram avaliar a tendência de cada uma destas classes em função da idade dos povoamentos.

a) Classe “herbáceo”:

Os valores obtidos para esta classe estão apresentados no Quadro 15.

QUADRO 15 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “HERBÁCEO” (g.m⁻²)

CLASSE DE IDADE	CARGA “herbáceo” (g.m ⁻²)
8 anos	1991,45
19 anos	97,43
24 anos	61,47
25 anos	89,19
38 anos	38,76

De acordo com o Quadro 15, verificou-se uma quantidade evidentemente maior de combustível herbáceo na classe de idade de 8 anos, resultante da insolação incidente sobre plantios novos. Na Tabela 15 está apresentado o resultado da análise de variância para a classe “herbáceo”.

TABELA 15 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “HERBÁCEO”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	3,3189E7	8,29725E6	360,45*
Erro	95	2,18679E6	23018,9	
Total	99	3,53758E7		

* significativo ao nível de 95%

Tendo sido detectadas diferenças estatísticas entre pelo menos um par de médias, procedeu-se ao teste de comparação de médias, cujo resultado encontra-se na Tabela 16.

TABELA 16 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “HERBÁCEO”

Teste de comparação de médias para classe "HERBÁCEO" em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

38	23	38,7626	X
24	19	61,4758	X
25	25	89,1894	X
19	23	97,4355	X
8	10	1991,45	X

Comparação	Diferença
8 - 19	*1894,01
8 - 24	*1929,97
8 - 25	*1902,26
8 - 38	*1952,69
19 - 24	35,9597
19 - 25	8,24614
19 - 38	58,6729
24 - 25	-27,7136
24 - 38	22,7132
25 - 38	50,4268

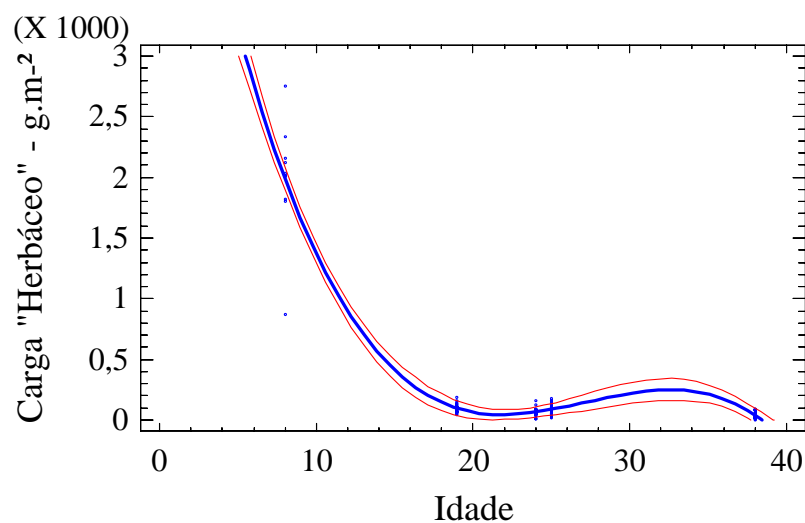
* expressam diferenças estatísticas significativas.

Verificou-se que a vegetação herbácea do povoamento de 8 anos de idade é bastante característica, diferenciando-se das demais classes de idade, que formam um grupo único. A carga de material “herbáceo” não apresentou diferenças estatísticas a partir da idade de 19 anos,

evidenciando uma presença homogênea desta classe de combustível nos povoamentos com idades mais avançadas.

O Gráfico 9 apresenta os valores da classe “herbáceo” em função da idade dos povoamentos.

GRÁFICO 9 – CARGA DA CLASSE “HERBÁCEO” EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



O gráfico foi gerado pela equação que apresentou o melhor ajuste para a estimativa da carga de material combustível “herbáceo” (considerando apenas a idade).

$$herb = 6178,54 - 722,585 \times I + 27,6046 \times I^2 - 0,337924 \times I^3 \quad (r^2 = 0,94)$$

Sendo:

herb: carga de material combustível da classe “herbáceo”, em g.m⁻²;

I: idade, em anos.

O Gráfico 9 demonstrou a tendência da carga da classe de material combustível herbáceo em uma escala temporal. A redução da vegetação de características herbáceas deve-se ao estágio de evolução dos reflorestamentos, onde a redução da insolação e o estabelecimento de

plantas (no sub-bosque) mais adaptadas aos ambientes sombreados culminam com sua substituição.

b) Classe “V1”:

O Quadro 16 apresenta os resultados obtidos para os combustíveis verdes com diâmetro até 0,7 cm.

QUADRO 16 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “V1” (g.m⁻²)

CLASSE DE IDADE	CARGA “V1” (g.m ⁻²)
8 anos	0,00
19 anos	7,92
24 anos	54,26
25 anos	58,90
38 anos	86,18

Observando os valores dipostos no Quadro 16, verificou-se o aumento gradual da carga desta classe, sugerindo uma maior quantidade de plantas no sub-bosque com o aumento da idade do reflorestamento.

A Tabela 17 apresenta os resultados da análise de variância dos valores de “V1”.

TABELA 17 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “V1”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	97049,8	24262,5	24,45*
Erro	95	94290,6	992,532	
Total	99	191340,0		

* significativo ao nível de 95%

Detectou-se a existência de diferença estatística entre pelo menos um par de médias, tornando-se necessário a realização do teste de comparação de médias, cujos resultados encontram-se na Tabela 18.

TABELA 18 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “V1”

Teste de comparação de médias para classe "V1" em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

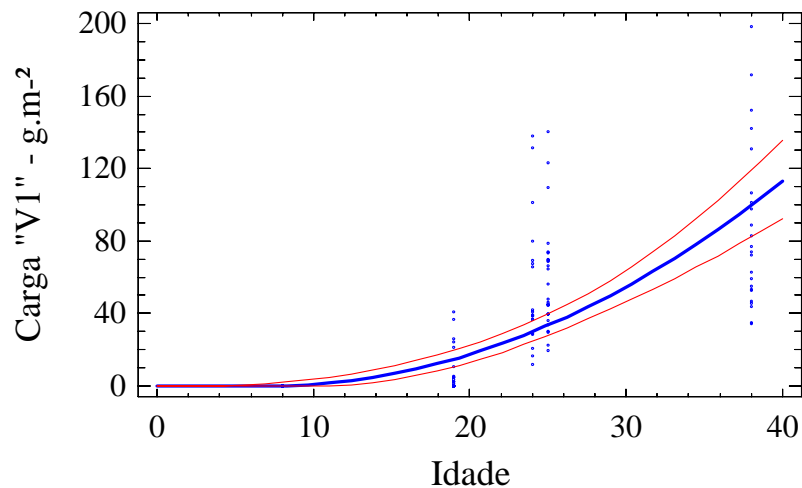
IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
8	10	0,0	X
19	23	7,92326	X
24	19	54,2572	X
25	25	58,902	X
38	23	86,1803	X

Comparação	Diferença
8 - 19	-7,92326
8 - 24	*-54,2572
8 - 25	*-58,902
8 - 38	*-86,1803
19 - 24	*-46,3339
19 - 25	*-50,9788
19 - 38	*-78,2571
24 - 25	-4,64481
24 - 38	*-31,9231
25 - 38	*-27,2783

* expressam diferenças estatísticas significativas.

Pelo teste de comparação de médias distinguiu-se 3 grupos distintos, observando-se um aumento da carga desta classe à medida que aumenta a idade dos povoamentos. Observou-se também que, apesar da diferença não significativa, o povoamento com 19 anos registrou valores para a classe “V1”, diferente do valor nulo obtido no projeto de 8 anos. O Gráfico 10 apresenta a tendência dos valores da classe “V1” em função da idade dos povoamentos.

GRÁFICO 10 – CARGA DA CLASSE “V1” EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



O gráfico foi gerado pela equação que apresentou o melhor ajuste para a estimativa da carga de material combustível “V1” (considerando apenas a idade).

$$V1 = (-2,2567 + 0,323168 \times I)^2 \quad (r^2 = 0,56)$$

Sendo:

V1: carga de material combustível da classe “V1”, em g.m⁻²;

I: idade, em anos.

O Gráfico 10 demonstrou a tendência apresentada pela carga dos materiais combustíveis verdes com diâmetro até 0,7 cm, evidenciando o desenvolvimento do sub-bosque. O aumento da carga desta classe em função do envelhecimento do povoamento pode ser explicado não apenas pela maior presença de plantas no sub-bosque, mas também pelo crescimento das espécies que ali se encontram. Neste caso, a base do caule das plantas ultrapassa o diâmetro de 0,7 cm, mas a formação de novos galhos insere-se na classe “V1”.

c) Classe “V2”:

Os valores de carga obtidos para a classe de combustível verde com diâmetro entre 0,71 e 2,5 cm encontram-se no Quadro 17.

QUADRO 17 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “V2” (g.m⁻²)

CLASSE DE IDADE	CARGA “V2” (g.m ⁻²)
8 anos	0,00
19 anos	1,65
24 anos	44,57
25 anos	72,20
38 anos	72,37

Observando-se o Quadro 17, verificou-se valores de carga em ordem crescente, sugerindo uma tendência ao aumento desta classe nas idades mais avançadas.

O povoamento com 19 anos apresentou um valor baixo de carga para esta classe, evidenciando a pequena presença das plantas com diâmetro entre 0,71 e 2,5 cm no seu sub-bosque. Este fato provavelmente reflete as intervenções sofridas pelo povoamento.

A análise de variância para a classe “V2” está apresentada na Tabela 19.

TABELA 19 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “V2”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	98983,8	24745,9	6,31*
Erro	95	372820,0	3924,43	
Total	99			

* significativo ao nível de 95%

A Tabela 20 apresenta o resultado do teste de comparação de médias para “V2”, necessário em decorrência da detecção de diferenças estatísticas entre pelo menos um par de médias.

TABELA 20 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “V2”

Teste de comparação de médias para classe "V2" em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
8	10	0,0	X
19	23	1,65217	X
24	19	44,5671	XX
25	25	72,2007	X
38	23	72,3685	X

Comparação	Diferença
8 - 19	-1,65217
8 - 24	-44,5671
8 - 25	*-72,2007
8 - 38	*-72,3685
19 - 24	-42,9149
19 - 25	*-70,5485
19 - 38	*-70,7163
24 - 25	-27,6336
24 - 38	-27,8014
25 - 38	-0,167807

* expressam diferenças estatísticas significativas.

De acordo com a Tabela 20, observou-se inicialmente, que as cargas desta classe são diferentes entre as fases mais jovens dos povoamentos (8 e 19 anos) e as mais avançadas (25 e 38 anos). Entretanto, as idades de 19 e 24 anos (sem diferença estatística entre si) e 24 e 25 anos (sem diferença estatística entre si), representariam uma fase de transição para o aumento dos valores de carga, pois as cargas dos povoamentos de 19 e 25 anos apresentaram diferenças estatísticas entre si.

Este resultado expressou a condição de desenvolvimento das plantas do sub-bosque, exprimindo o fato de que o aumento da carga

desta classe ocorre justamente em função de uma maior quantidade de plantas com diâmetro entre 0,7 e 2,5 cm nas idades mais avançadas. Os valores obtidos em campo para esta classe de combustível geraram gráficos não expressivos, devido aos modelos com r^2 pouco significativo, motivo pelo qual este não foi plotado.

d) Classe “V3”:

O Quadro 18 apresenta os valores obtidos para os combustíveis verdes com diâmetro entre 2,51 e 7,6 cm.

QUADRO 18 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “V3” (g.m^{-2})

CLASSE DE IDADE	CARGA “V3” (g.m^{-2})
8 anos	0,00
19 anos	0,00
24 anos	12,88
25 anos	0,77
38 anos	7,47

A ausência de carga desta classe nas idades de 8 e 19 anos, reflete o estágio de desenvolvimento em que se encontram as plantas do sub-bosque, pois não foram registradas plantas com diâmetro entre 2,51 e 7,6 cm. Nestas idades, as plantas encontram-se presentes, mas com diâmetros inferiores.

A Tabela 21 apresenta o resultado da análise de variância para esta variável.

TABELA 21 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “V3”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	2552,06	638,016	0,83 n.s
Erro	95	73237,6	770,922	
Total	99	75789,7		

De acordo com o resultado obtido, não foram detectadas diferenças estatísticas significativas entre as idades estudadas. Verificou-se, inclusive, que esta variável registrou valores heterogêneos entre os povoamentos, não permitindo sequer uma avaliação da tendência de carga mediante a idade dos plantios devido ao r^2 não significativo, motivo pelo qual não foi plotado o gráfico representativo.

e) Classe “miscelânea”:

Os valores encontrados para esta classe estão apresentados no Quadro 19.

QUADRO 19 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “MISCELÂNEA” (g.m^{-2})

CLASSE DE IDADE	CARGA “miscelânea” (g.m^{-2})
8 anos	0,00
19 anos	485,34
24 anos	574,11
25 anos	523,99
38 anos	498,86

De acordo com o Quadro 19, o povoamento de 8 anos não registrou valores para esta classe pois, conforme anteriormente citado, a miscelânea resulta da presença de um sub-bosque heterogêneo, o que não ocorreu neste povoamento. O sub-bosque do

povoamento de 8 anos apresentou-se, na sua quase totalidade, composto por espécies herbáceas (capim) e este tipo de vegetação, mesmo quando morta, permanece de pé, formando uma comunidade densa que não permite, neste estágio, a formação de miscelânea. Com o envelhecimento do povoamento e o conseqüente fechamento do dossel, estas plantas tendem a ceder espaço para outras mais tolerantes ao sombreamento, quando então inicia-se o processo de deposição de serapilheira e a formação da miscelânea. Na Tabela 22 está apresentado o resultado da análise de variância para a classe “miscelânea”.

TABELA 22 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “MISCELÂNEA”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	2,51111E6	627778,0	19,08*
Erro	95	3,12522E6	32897,0	
Total	99	5,63633E6		

* significativo ao nível de 95%

Tendo sido detectadas diferenças estatísticas entre pelo menos um par de médias, procedeu-se ao teste de comparação de médias cujo resultado encontra-se na Tabela 23.

TABELA 23 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “MISCELÂNEA”

Teste de comparação de médias para a classe "MISCELÂNEA" em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
8	10	0,0	X
19	23	485,343	X
38	23	498,861	X
25	25	523,991	X
24	19	574,107	X

Comparação Diferença

8 - 19	*-485,343
8 - 24	*-574,107
8 - 25	*-523,991
8 - 38	*-498,861
19 - 24	-88,7646
19 - 25	-38,6481
19 - 38	-13,5186
24 - 25	50,1165
24 - 38	75,2459
25 - 38	25,1295

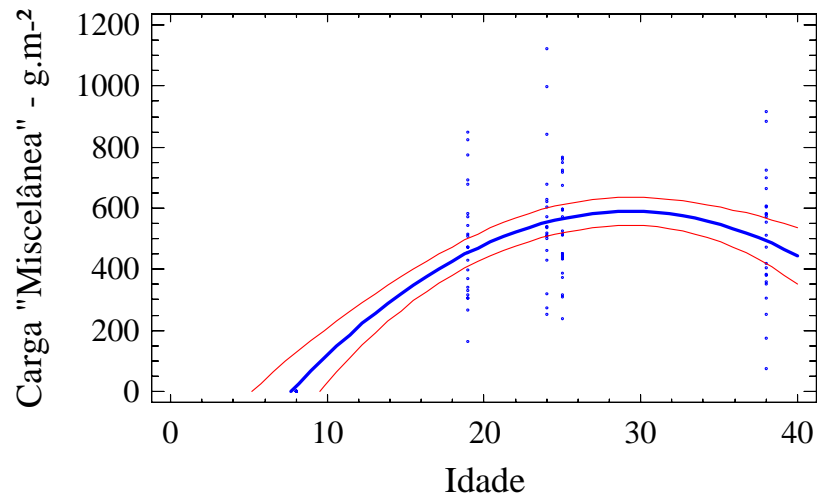
* expressam diferenças estatísticas significativas.

De acordo com o teste de comparação de médias, verificou-se que não existem diferenças significativas de carga da classe “miscelânea” entre as classes de idade de 19, 24, 25 e 38 anos. O povoamento com 8 anos não registrou valores, diferenciando-se dos demais.

A não existência de diferenças estatísticas entre as cargas dos povoamentos com idades mais avançadas, evidenciou uma participação homogênea desta classe de combustível na constituição da carga dos combustíveis florestais nas idades mais avançadas (no caso, a partir dos 19 anos, segundo dados deste estudo).

Os valores da classe “miscelânea” em função da idade estão apresentados no Gráfico 11.

GRÁFICO 11 – CARGA DA CLASSE “MISCELÂNEA” EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



O gráfico foi gerado pela equação que apresentou o melhor ajuste para a estimativa da carga da classe “miscelânea” (considerando apenas a idade).

$$M = -494,72 + 74,0101 \times I - 1,26356 \times I^2 \quad (r^2 = 0,42)$$

Sendo:

M : carga de material combustível da classe “miscelânea”, em g.m^{-2} ;

I : idade, em anos.

Apesar de não terem sido detectadas diferenças estatísticas entre os valores analisados, verificou-se uma tendência de estabilização e posterior queda da carga durante o período estudado.

f) Classe “S1”:

O Quadro 20 apresenta os valores obtidos para os combustíveis secos com diâmetro até 0,7 cm.

QUADRO 20 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “S1” (g.m⁻²)

CLASSE DE IDADE	CARGA “S1” (g.m ⁻²)
8 anos	0,00
19 anos	34,85
24 anos	66,03
25 anos	54,64
38 anos	91,83

Conforme observado no Quadro 20, não houve registro de carga para esta classe no povoamento de 8 anos. Os demais povoamentos registraram valores que, numa primeira avaliação, indicavam uma tendência de aumento da carga mediante a idade dos povoamentos.

Na Tabela 24 está apresentado o resultado da análise de variância dos valores da classe “S1”.

TABELA 24 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “S1”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	73093,2	18273,3	24,61*
Erro	95	70552,7	742,66	
Total	99	143646,0		

* significativo ao nível de 95%

Tendo sido detectadas diferenças estatísticas entre pelo menos um par de médias, procedeu-se ao teste de comparação de médias, cujo resultado encontra-se na Tabela 25.

TABELA 25 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “S1”

Teste de comparação de médias para classe "S1" em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
8	10	0,0	X
19	23	34,8539	X
25	25	54,6359	X
24	19	66,0356	X
38	23	91,8327	X

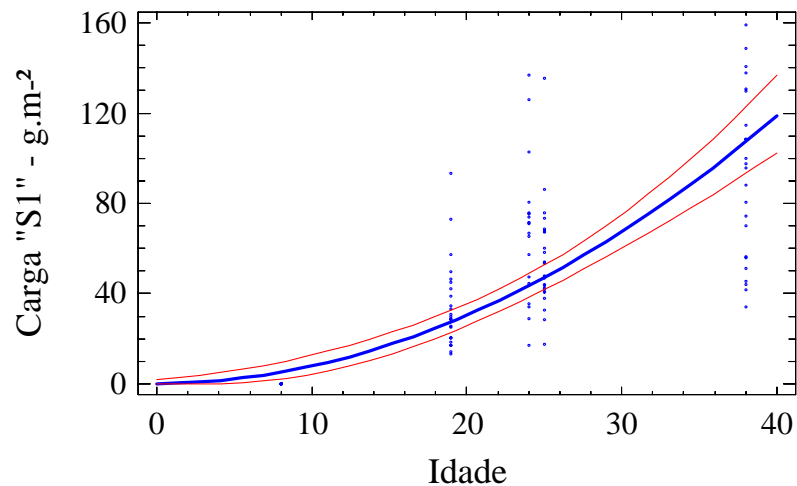
Comparação	Diferença
8 - 19	*-34,8539
8 - 24	*-66,0356
8 - 25	*-54,6359
8 - 38	*-91,8327
19 - 24	*-31,1817
19 - 25	*-19,782
19 - 38	*-56,9788
24 - 25	11,3997
24 - 38	*-25,7971
25 - 38	*-37,1968

* expressam diferenças estatísticas significativas.

Na Tabela 25, observou-se 4 grupos distintos, sendo que as classes de idade de 24 e 25 anos não apresentaram diferenças entre si, constituindo um único grupo. Constatou-se que o povoamento com 8 anos diferenciou-se dos demais, assim como os povoamentos com 19 e 38 anos.

O Gráfico 12 apresentou os valores da classe “S1” em função da idade dos povoamentos.

GRÁFICO 12 – CARGA DA CLASSE “S1” EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



O gráfico foi gerado pela equação que apresentou o melhor ajuste para a estimativa da carga da classe “S1” (considerando apenas a idade).

$$S1 = (0,119705 + 0,269606 \times I)^2 \quad (r^2 = 0,59)$$

Sendo:

S1: carga de material combustível da classe “S1”, em g.m²;

I: idade, em anos.

Conforme o Gráfico 12, verificou-se uma tendência de aumento da carga dos combustíveis com diâmetro até 0,7 cm em função da idade dos povoamentos. Observou-se durante as coletas de campo, que a maior parte dos materiais lenhosos finos encontrados eram oriundos da separação das folhas que constituíam a grimpá.

g) Classe “S2”:

O Quadro 21 apresenta os valores de carga obtidos para os combustíveis com diâmetro entre 0,71 e 2,5 cm.

QUADRO 21 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “S2” (g.m⁻²)

CLASSE DE IDADE	CARGA “S2” (g.m ⁻²)
8 anos	0,00
19 anos	146,78
24 anos	156,55
25 anos	127,64
38 anos	93,42

No Quadro 21, observou-se novamente um valor nulo de carga para o povoamento de 8 anos, enquanto que os demais apresentaram valores semelhantes entre si.

A Tabela 26 apresenta o resultado da análise de variância para os valores obtidos.

TABELA 26 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “S2”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	202624,0	50655,9	3,60*
Erro	95	1,337E6	14073,7	
Total	99	1,53962E6		

* significativo ao nível de 95%

Tendo sido detectada diferença estatística entre pelo menos um par de médias, procedeu-se ao cálculo de comparação de médias, cujo resultado encontra-se na Tabela 27.

TABELA 27 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “S2”

Teste de comparação de médias para classe "S2" em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
8	10	0,0	X
38	23	93,4214	X
25	25	127,643	X
19	23	146,783	X
24	19	156,546	X

Comparação	Diferença
8 - 19	*-146,783
8 - 24	*-156,546
8 - 25	*-127,643
8 - 38	*-93,4214
19 - 24	-9,76305
19 - 25	19,1401
19 - 38	53,3617
24 - 25	28,9032
24 - 38	63,1248
25 - 38	34,2216

* expressam diferenças estatísticas significativas.

De acordo com o resultado obtido, constatou-se que as classes de idade de 19, 24, 25 e 38 anos formaram um único grupo, evidenciando uma participação homogênea desta classe de combustível mediante o aumento da idade. O povoamento de 8 anos diferenciou-se das demais classes de idade.

Os valores obtidos em campo geraram modelos com r^2 pouco significativo, motivo pelo qual o gráfico não foi plotado.

h) Classe “S3”:

Os valores de carga obtidos para a classe de combustível seco com diâmetro entre 2,51 e 7,6 cm encontram-se no Quadro 22.

QUADRO 22 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “S3” (g.m⁻²)

CLASSE DE IDADE	CARGA “S3” (g.m ⁻²)
8 anos	0,00
19 anos	2,21
24 anos	38,62
25 anos	35,12
38 anos	124,55

Conforme o Quadro 22, notou-se uma semelhança de carga entre as idade de 24 e 25 anos. Já os povoamentos com idades de 19 e 38 anos registraram valores bastante particulares.

A Tabela 28 apresenta o resultado da análise de variância para “S3”.

TABELA 28 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “S3”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	211108,0	52776,9	5,37*
Erro	95	934163,0	9833,29	
Total	99	1,14527E6		

* significativo ao nível de 95%

Tendo sido detectada diferença estatística entre pelo menos um par de médias, procedeu-se ao cálculo de comparação de médias, cujo resultado encontra-se na Tabela 29.

TABELA 29 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “S3”

Teste de comparação de médias para classe "S3" em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
8	10	0,0	X
19	23	2,21522	X
25	25	35,1232	X
24	19	38,6244	X
38	23	124,551	X

Comparação Diferença

8 - 19	-2,21522
8 - 24	-38,6244
8 - 25	-35,1232
8 - 38	*-124,551
19 - 24	-36,4092
19 - 25	-32,908
19 - 38	*-122,336
24 - 25	3,50119
24 - 38	*-85,9265
25 - 38	*-89,4277

* expressam diferenças estatísticas significativas.

De acordo com a Tabela 29, verificou-se que a classe de idade de 38 anos foi a única a diferenciar-se estatisticamente das demais, evidenciando uma participação mais expressiva da carga das classes de maior diâmetro nos povoamentos com idade mais avançada.

i) Classe “S4”:

Os valores de carga obtidos para a classe de combustível seco com diâmetro superior a 7,6 cm estão apresentados no Quadro 23.

QUADRO 23 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “S4”(g.m⁻²)

CLASSE DE IDADE	CARGA “S4”(g.m ⁻²)
8 anos	0,00
19 anos	0,00
24 anos	0,00
25 anos	0,00
38 anos	1,98

No Quadro 23, verificou-se que os combustíveis desta classe foram registrados somente no povoamento com 38 anos, e em uma quantidade pequena.

A Tabela 30 apresenta o resultado da análise de variância para “S4”.

TABELA 30 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “S4”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	69,6134	17,4033	0,83 n.s
Erro	95	1988,95	20,9363	
Total	99	1,14527E6		

Não foi detectada diferença estatística na comparação dos pares de valores. Convém citar que esta classe de diâmetro foi registrada em apenas 1 dentre as 23 parcelas levantadas para caracterizar o povoamento de 38 anos, permitindo inferir que os combustíveis com diâmetro superior a 7,6 cm não foram comuns nos reflorestamentos estudados de araucária até esta idade.

j) Classe “estróbilo”:

Os valores encontrados para esta classe de combustível foram dispostos no Quadro 24.

QUADRO 24 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “ESTRÓBILO” (g.m⁻²)

CLASSE DE IDADE	CARGA “estróbilo”(g.m ⁻²)
8 anos	0,00
19 anos	0,00
24 anos	1,34
25 anos	2,54
38 anos	5,82

Esta classe apresentou valores somente em idades mais avançadas do plantio de araucária, por ser o estróbilo característico de povoamentos que tenham atingido maturidade sexual, e cujos indivíduos sejam masculinos. Portanto, faz-se necessário mencionar que os valores obtidos para esta classe podem variar de acordo com a quantidade destes indivíduos (densidade) no povoamento e também em função da dimensão da área plantada.

A Tabela 31 apresenta o resultado da análise de variância para a classe “estróbilo”.

TABELA 31 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “ESTRÓBILO”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	477,66	119,415	5,25*
Erro	95	2159,55	22,7321	
Total	99	2637,21		

* significativo ao nível de 95%

Tendo sido detectada diferença estatística entre pelo menos um par de médias, procedeu-se ao cálculo de comparação de médias, cujo resultado encontra-se na Tabela 32.

TABELA 32 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “ESTRÓBILO”

Teste de comparação de médias para classe "Estróbilo" em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
19	23	0,0	X
8	10	0,0	X
24	19	1,33684	X
25	25	2,54	X
38	23	5,81739	X

Comparação Diferença

8 - 19	0,0
8 - 24	-1,33684
8 - 25	-2,54
8 - 38	*-5,81739
19 - 24	-1,33684
19 - 25	-2,54
19 - 38	*-5,81739
24 - 25	-1,20316
24 - 38	*-4,48055
25 - 38	*-3,27739

* expressam diferenças estatísticas significativas.

Conforme o resultado do teste de comparação de médias, verificou-se a ocorrência de 2 grupos, sendo a classe de idade de 38 anos a única a diferenciar-se das demais, evidenciando que esta classe de combustível é mais expressiva em povoamentos mais velhos.

k) Classe “grimpa”:

O Quadro 25 apresentou os resultados obtidos para a carga desta classe de combustível.

QUADRO 25 – CARGA DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DA CLASSE “GRIMPA” (g.m⁻²)

CLASSE DE IDADE	CARGA “grimpa” (g.m ⁻²)
8 anos	21,59
19 anos	299,91
24 anos	574,11
25 anos	516,42
38 anos	302,73

A grimpa é uma classe de combustível característica da espécie araucária, com um potencial de risco de incêndio muito evidente em função da combustibilidade e inflamabilidade deste material. Conforme o Quadro 25, registrou-se uma quantidade de carga expressiva já no povoamento com 19 anos – correspondendo a 2,99 t.ha⁻¹. Conforme WRIGHT¹¹ (1979), citado por ANDERSON e BROWN (1988, p. 124), para que um incêndio superficial possa se propagar, deve existir uma quantidade mínima de 0,5 t.acre⁻¹ (1,235 t.ha⁻¹) de material combustível fino e seco disperso sobre determinada área.

A Tabela 33 apresenta o resultado da análise de variância para os valores desta classe.

TABELA 33 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA - CLASSE “GRIMPA”

F.V	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamento	4	2,7505E6	687626,0	24,15*
Erro	95	2,70473E6	28470,9	
Total	99	5,45524E6		

* significativo ao nível de 95%

¹¹ WRIGHT, H. A.; NEUENSCHWANDER, L. F.; BRITTON, C. M. **The role and use of fire in sagebrush-grass and pinyon-juniper plant communities.** Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1979. 48p. (General Technical Report INT-129).

Tendo sido detectada diferença estatística entre pelo menos um par de médias, procedeu-se ao cálculo de comparação de médias, cujo resultado encontra-se na Tabela 34.

TABELA 34 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE SNK - CLASSE “GRIMPA”

Teste de comparação de médias para classe "GRIMPA" em função da IDADE

Método: 95,0 percent Student-Newman-Keuls

IDADE n° parcelas Média Grupos homogêneos

IDADE	n° parcelas	Média	Grupos homogêneos
8	10	21,5911	X
19	23	299,917	X
38	23	302,735	X
25	25	516,422	X
24	19	574,118	X

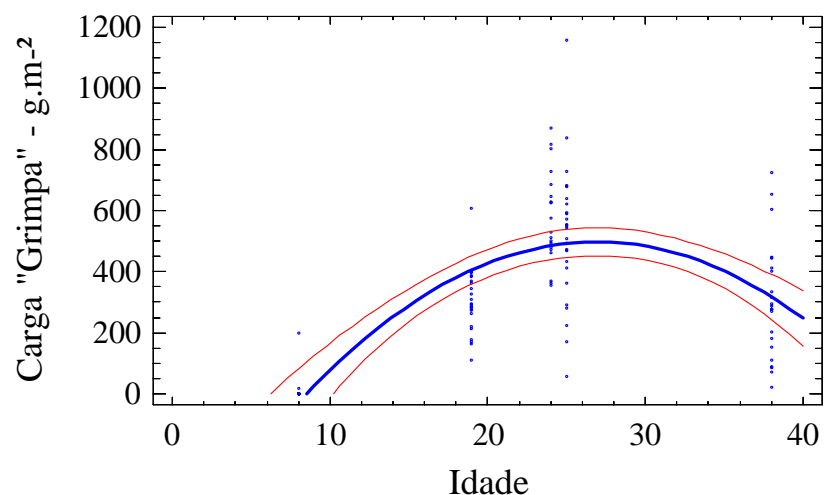
Comparação	Diferença
8 - 19	*-278,326
8 - 24	*-552,527
8 - 25	*-494,831
8 - 38	*-281,144
19 - 24	*-274,201
19 - 25	*-216,505
19 - 38	-2,81802
24 - 25	57,6962
24 - 38	*271,383
25 - 38	*213,687

* expressam diferenças estatísticas significativas.

A Tabela 34 demonstrou a existência de 3 grupos estatisticamente diferentes entre si. Mereceu atenção os povoamentos de 19 e 38 anos que, juntos, formaram um grupo, apesar da diferença de idade entre elas. Convém mencionar que estes povoamentos apresentaram problemas quanto ao seu desenvolvimento, motivo pelo qual provavelmente assemelharam-se em muitas das variáveis até aqui analisadas. Na classe de idade de 8 anos, a carga obtida para este povoamento foi devido às práticas de desrama, valendo a citação de que em condições normais não haveria a queda das grimpas neste estágio.

O Gráfico 13 apresenta a tendência dos valores da classe “grimpa” em função da idade dos povoamentos.

GRÁFICO 13 – CARGA DA CLASSE “GRIMPA” EM FUNÇÃO DA IDADE DOS POVOAMENTOS



Observando-se o Gráfico 13, verificou-se a tendência apresentada pela carga da classe grimpa, assemelhando-se com os gráficos apresentados pela classe “miscelânea”, pela “carga total do material combustível seco”, além das variáveis “espessura da liteira” e “área basal”.

A equação que apresentou o melhor ajuste para a estimativa da carga de material combustível da classe “grimpa” (considerando apenas a idade) foi a seguinte:

$$Gr = -567,257 + 79,1385 \times I - 1,46978 \times I^2 \quad (r^2 = 0,41)$$

Sendo:

Gr : carga de material combustível da classe “grimpa”, em $g.m^{-2}$;

I : idade, em anos.

4.8 CORRELAÇÕES

Observando-se o Quadro 26, evidenciou-se uma correlação relativamente baixa, conforme escala adotada por SCHMIDT¹² (1977) citado por SOUZA (2000, p. 58), entre as variáveis analisadas com a idade. Entretanto, as correlações estabelecidas permitiram inferir sobre a dinâmica dos povoamentos de araucária. Desta forma, verificou-se que a correlação negativa estabelecida entre a carga da classe “herbáceo” com a “idade” indicaria que o sombreamento ocasionado pelo fechamento das copas pelas espécies pioneiras lenhosas e pela cultura florestal, em razão do envelhecimento do povoamento, seria o responsável pela diminuição da ocorrência das plantas herbáceas, maioria no povoamento de 8 anos e, conseqüentemente, pela redução da carga desta classe. As demais correlações, todas positivas, indicariam o desenvolvimento da cultura florestal, pois “área basal”, “espessura da liteira” e as respectivas cargas de combustível tendem a aumentar em função do desenvolvimento dos povoamentos (aumento da idade).

QUADRO 26 – CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS ENTRE VARIÁVEIS DO POVOAMENTO E IDADE

VARIÁVEIS ($r > 0,5$)	CORRELAÇÃO
Área Basal x Idade	0,54
Espessura da liteira x Idade	0,53
Carga da classe “herbáceo” x Idade	-0,58
Carga da classe “V1” x Idade	0,69
Carga da classe “S1” x Idade	0,65

Observando-se o Quadro 27, verificou-se que as correlações negativas estabelecidas por “herbáceo” e pela “altura média da vegetação de sub-bosque” em relação à “área basal”, também evidenciaram o desenvolvimento dos povoamentos. O

¹² SCHMIDT, P. B. **Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus taeda*** L. Curitiba, 1977. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, UFPR.

aumento da área basal deve-se a presença de indivíduos de maior porte ou de uma maior densidade de plantas no sub-bosque, enquanto que a redução da altura da vegetação do sub-bosque ocorre devido ao sombreamento proporcionado pelo desenvolvimento das plantas, que provoca a substituição das espécies herbáceas pelas pioneiras de porte lenhoso. Convém mencionar que a “altura média da vegetação de sub-bosque” apresentou boa correlação com “herbáceo” ($r^2 = 0,74$). Verificou-se que a área basal correlacionou-se positivamente com a carga das classes “miscelânea” e “grimpa”, além da variável “espessura da liteira”, reforçando a evidência de desenvolvimento do povoamento.

QUADRO 27 - CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS ENTRE VARIÁVEIS DO POVOAMENTO E ÁREA BASAL

VARIÁVEIS ($r > 0,5$)	CORRELAÇÃO
Carga da classe “herbáceo” x Área basal	-0,76
Carga da classe “miscelânea” x Área basal	0,68
Carga da classe “grimpa” x Área basal	0,68
Altura média da vegetação de sub-bosque x Área basal	-0,51
Espessura da liteira x Área basal	0,67

4.9 MODELOS PARA ESTIMATIVA DA CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL

Pelas características bastante peculiares existentes entre os combustíveis verdes e secos, que apresentaram “comportamentos” antagônicos na escala temporal estudada (ver Gráfico 14), optou-se por apresentar, inicialmente, os modelos de predição de carga que obtiveram o melhor ajuste na análise individual destas classes.

Conforme SOUZA (2000, p. 41), diversos trabalhos realizados apontaram as variáveis DAP, área basal e idade como parâmetros que melhor se associaram à estimativa de carga dos materiais combustíveis e que foram utilizadas, inclusive, no ajuste de modelos para tal finalidade.

4.9.1 Modelos para Estimativa da Carga de Material Combustível Verde (vivo)

Os modelos que apresentaram ajuste satisfatório para estimar a carga de material combustível verde foram os seguintes:

- a) com base em idade e altura da vegetação:

$$C_v = -1,27266 - 0,211672 \times I + 14,7483 \times h_v \quad (r^2 = 0,72)$$

Sendo:

C_v : carga total do material combustível verde, em t.ha⁻¹;

I : idade do povoamento, em anos;

h_v : altura média da vegetação do sub-bosque, em metros.

- b) com base em idade, altura da vegetação e área basal:

$$C_v = 5,04791 - 0,129521 \times I - 0,189427 \times G + 11,6884 \times h_v \quad (r^2 = 0,81)$$

Sendo:

C_v : carga total do material combustível verde, em t.ha⁻¹;

I : idade do povoamento, em anos;

h_v : altura média da vegetação do sub-bosque, em metros;

G : área basal do projeto, em m². ha⁻¹.

- c) com base na idade:

$$C_v = 66,1028 - 8,1021 \times I + 0,323677 \times I^2 - 0,0040743 \times I^3 \quad (r^2 = 0,91) - \textit{modelo 1}$$

Sendo:

C_v : carga total do material combustível verde, em t.ha⁻¹;

I : idade do povoamento, em anos.

4.9.2 Modelos para Estimativa da Carga de Material Combustível Seco (morto)

Os modelos que apresentaram ajuste satisfatório para estimar a carga de material combustível seco foram os seguintes:

- a) com base na idade e área basal:

$$C_s = -1,71384 + 0,0621754 \times I + 0,327972 \times G \quad (r^2 = 0,56)$$

Sendo:

C_s : carga total do material combustível seco, em t.ha⁻¹;

I : idade do povoamento, em anos;

G : área basal do projeto, em m². ha⁻¹.

b) com base na idade, área basal e espessura da liteira:

$$C_s = -1,15861 + 0,0547987 \times I + 0,273034 \times G + 0,349106 \times el \quad (r^2 = 0,58)$$

Sendo:

C_s : carga total do material combustível seco, em t.ha⁻¹;

I : idade do povoamento, em anos;

G : área basal do projeto, em m². ha⁻¹;

el : espessura da liteira, em cm.

c) com base na idade:

$$C_s = -12,1459 + 1,76849 \times I - 0,0303188 \times I^2 \quad (r^2 = 0,96) - \text{modelo 2}$$

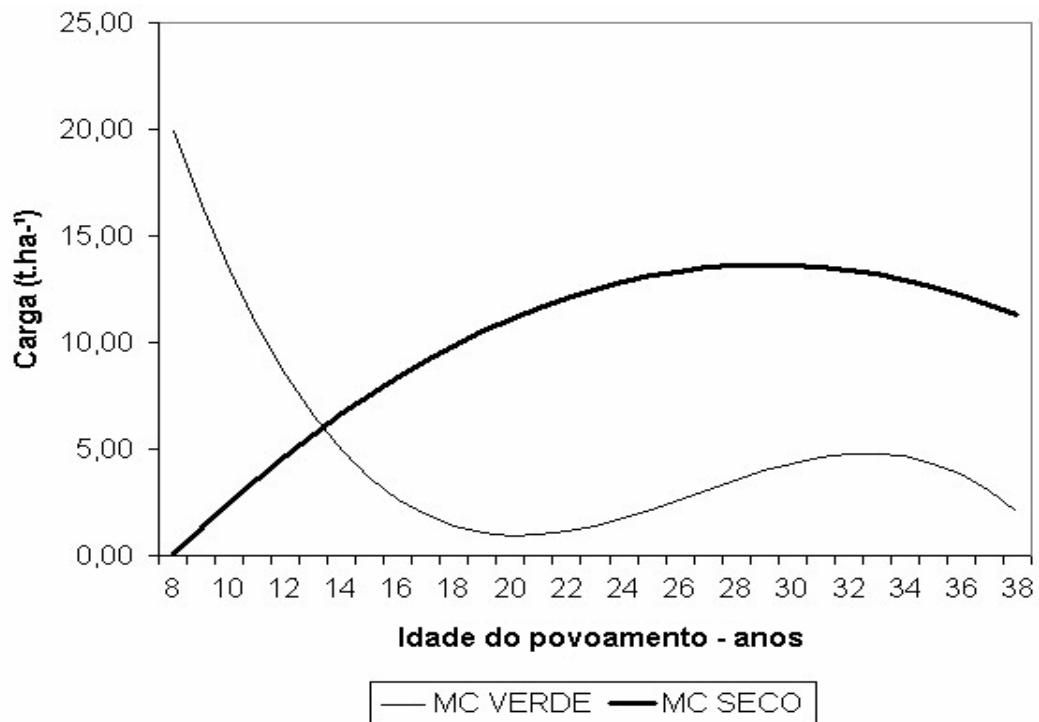
Sendo:

C_s : carga total do material combustível seco, em t.ha⁻¹;

I : idade do povoamento, em anos;

O **modelo 2** foi gerado através de regressão polinomial com base nos valores médios de carga obtidos em cada idade dos povoamentos estudados. O Gráfico 14 demonstra a variação das cargas de material combustível verde e seco, com base nos modelos de predição “**modelo 1**” e “**modelo 2**”.

GRÁFICO 14 - ESTIMATIVA DA CARGA TOTAL DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS VERDE E SECO EM ESCALA TEMPORAL



4.9.3 Modelos para Estimativa da Carga Total de Material Combustível no Reflorestamento de Araucária Estudado

Para estimativa da carga total de material combustível, verificaram-se duas alternativas:

- a) baseada na somatória dos resultados obtidos pelos modelos *1* e *2*:

$$CT = \text{modelo 1} + \text{modelo 2}$$

Sendo:

CT: carga total de material combustível, em t.ha⁻¹.

- b) utilizando o modelo de predição de carga total:

$$CT = 59,9139 - 7,46255 \times I + 0,350181 \times I^2 - 0,00489831 \times I^3 \quad (r^2 = 0,85) - \text{modelo 3}$$

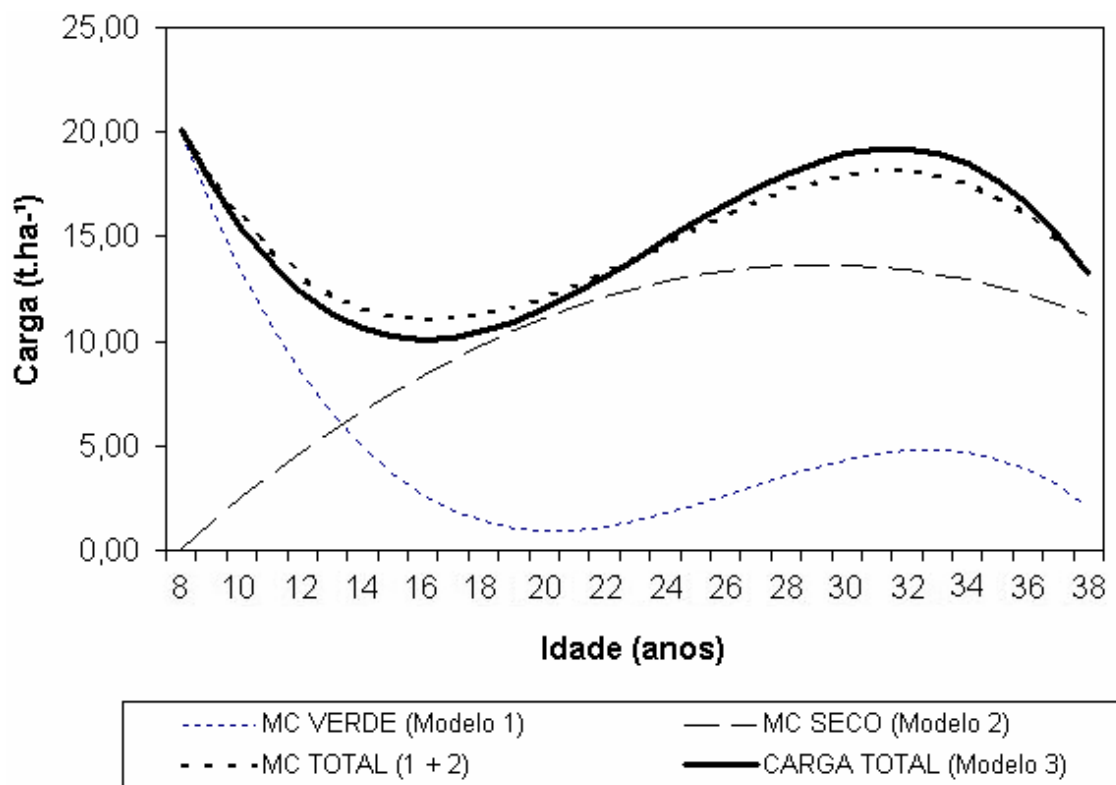
Sendo:

CT: carga total de material combustível, em t.ha⁻¹;

I: idade do povoamento, em anos.

O Gráfico 15 demonstra a estimativa de carga total do material combustível verde (*modelo 1*), a estimativa da carga total do material combustível seco (*modelo 2*), a carga total de material combustível do povoamento, com base na soma dos resultados obtidos dos *modelos 1 e 2*, e a carga total de material combustível do povoamento obtida através do *modelo 3*.

GRÁFICO 15 - ESTIMATIVA DA CARGA DE COMBUSTÍVEL FLORESTAL NOS POVOAMENTOS DE ARAUCÁRIA, DE ACORDO COM OS MODELOS DESENVOLVIDOS



4.10 PADRÃO DE COMBUSTÍVEL APRESENTADO PELOS POVOAMENTOS DE ARAUCÁRIA DE ACORDO COM A IDADE DO REFLORESTAMENTO

No Quadro 28 é apresentado o resumo das características dos povoamentos de araucária estudados, de acordo com as suas idades. Estas informações representam o padrão de valores (mínimo - médio - máximo) em função de uma variável de fácil obtenção (no caso, a idade).

QUADRO 28 – PADRÃO DE COMBUSTÍVEL DOS POVOAMENTOS ESTUDADOS DE ACORDO COM A IDADE

CLASSE DE IDADE (anos)	Área basal (m ² .ha ⁻¹)	Altura média da vegetação do sub-bosque (m)	Densidade de carga (g.cm ⁻³)	Espessura da liteira (cm)	Carga TOTAL do material combustível (t.on.ha ⁻¹)	Carga do material combustível verde (ton.ha ⁻¹)	Carga do material combustível seco (ton.ha ⁻¹)
8	4,0 - 6,80 - 12,0	0,88 - 1,26 - 1,71	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	8,66 - 20,13 - 27,53	8,66 - 19,91 - 27,53	0,00 - 0,22 - 2,0
19	23,50 - 29,76 - 39,50	0,27 - 0,51 - 0,71	0,025 - 0,052 - 0,093	1,0 - 2,22 - 3,62	5,91 - 10,76 - 14,27	0,46 - 1,07 - 1,87	4,96 - 9,70 - 13,73
24	27,0 - 40,13 - 51,0	0,33 - 0,62 - 0,75	0,019 - 0,033 - 0,075	2,88 - 5,12 - 8,0	10,71 - 15,84 - 26,88	0,69 - 1,73 - 4,29	9,39 - 14,11 - 24,81
25	31,0 - 41,48 - 56,50	0,34 - 0,70 - 1,34	0,010 - 0,023 - 0,046	3,12 - 6,94 - 12,0	5,73 - 14,81 - 24,62	1,02 - 2,21 - 6,11	4,71 - 12,60 - 22,88
38	17,0 - 32,65 - 40,50	0,42 - 0,65 - 1,10	0,014 - 0,040 - 0,088	1,50 - 3,96 - 9,50	6,37 - 13,24 - 22,42	0,71 - 2,05 - 4,89	5,22 - 11,19 - 20,61

NOTA: Os valores representam *mínimo – média – máximo*, obtidos na amostragem de campo.

CLASSE DE IDADE (anos)	Classes do material combustível (g.m ⁻³)										
	Combustível verde				Combustível seco						
	Herbáceo	V1	V2	V3	MISCELÂNEA	S1	S2	S3	S4	Estróbilo	Grimpa
8	866,05 - 1991,45 - 2752,97	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 21,60 - 199,66
19	45,66 - 97,43 - 183,82	0,00 - 7,92 - 40,50	0,00 - 1,65 - 27,95	0,00 - 0,00 - 0,00	162,72 - 485,34 - 849,72	13,10 - 34,85 - 93,20	3,35 - 146,78 - 509,02	0,00 - 2,21 - 46,45	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	109,53 - 299,92 - 607,64
24	8,85 - 61,47 - 158,173	12,0 - 54,26 - 137,75	0,00 - 44,57 - 161,12	0,00 - 12,88 - 244,80	251,04 - 574,11 - 1122,42	17,15 - 66,03 - 136,83	1,0 - 156,55 - 715,85	0,00 - 38,62 - 189,17	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 1,34 - 9,10	353,66 - 574,12 - 869,82
25	20,60 - 89,19 - 177,67	19,60 - 58,90 - 140,50	0,00 - 72,20 - 506,57	0,00 - 0,772 - 19,30	238,64 - 523,99 - 767,52	17,65 - 54,64 - 135,20	0,00 - 127,64 - 372,38	0,00 - 35,12 - 551,50	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 2,54 - 33,10	56,28 - 516,42 - 1157,38
38	0,00 - 38,76 - 88,55	34,35 - 86,18 - 198,15	2,05 - 72,37 - 259,41	0,00 - 7,47 - 122,19	74,07 - 498,86 - 916,83	33,90 - 91,83 - 159,20	0,00 - 93,42 - 355,09	0,00 - 124,55 - 572,43	0,00 - 1,98 - 45,60	0,00 - 5,82 - 27,50	22,30 - 302,74 - 724,52

NOTA: Os valores representam *mínimo – média – máximo*, obtidos na amostragem de campo.

Conforme Quadro 28, o padrão de combustível foi determinado com base nos dados referentes à 18 variáveis, sendo as principais:

- a) área basal do povoamento;
- b) altura média da vegetação do sub-bosque;
- c) densidade de carga do material combustível;
- d) espessura da liteira;
- e) carga total do material combustível do povoamento;
- f) carga do material combustível verde (vivo);
- g) carga do material combustível seco (morto);
- h) as classes do material combustível, constituídas por 11 variáveis.

Das 5 classes de idade estudadas, os resultados mostraram que:

- a) a classe de idade de 8 anos constituiu um padrão de combustível exclusivo, pois esta se diferenciou, em comparação com as demais classes de idade, em 66,7 % das variáveis estudadas;
- b) a classe de 19 anos diferenciou-se das demais classes em 16,7% dos casos, sendo eles a densidade de carga, a espessura da liteira e a classe “S1”;
- c) as classes de 24 e 25 anos diferenciaram-se das demais em apenas 5,5% dos casos, correspondendo à espessura da liteira, única variável que apresentou valores característicos para cada classe de idade;
- d) a classe de 38 anos diferenciou-se das demais em 27,8% dos casos.

Teoricamente, poderia ser feita a suposição de que, em função das idades estudadas, os combustíveis analisados apresentariam no mínimo 3 padrões, sendo eles: 8 anos, 19, 24 e 25 anos e 38 anos. Entretanto, ao se realizar uma avaliação subjetiva verificou-se que apenas a classe de 8 anos formou um padrão de combustível bem definido, caracterizado justamente pela alta percentagem de diferença em relação às características apresentadas pelos demais povoamentos.

Verificou-se, também, os casos em que os povoamentos apresentaram igualdades estatísticas entre si em cada uma das 18 variáveis coletadas. Esta avaliação mostrou que:

- a) os povoamentos de 24 e 25 anos apresentaram valores semelhantes em 94,4% dos casos, sendo que, juntos, poderiam constituir um padrão de combustível;
- b) os povoamentos de 19 e 38 anos obtiveram valores semelhantes entre si em 61,1% dos casos. No entanto, faz-se necessário lembrar que ambos apresentaram-se problemáticos para fins de análise, justamente em função do histórico de desenvolvimento que os envolveu;
- c) os povoamentos de 19 e 24 anos e 19 e 25 anos apresentaram, respectivamente, 55,5% e 44,4 % de semelhanças entre si;
- d) os povoamentos de 24 e 38 anos e 25 e 38 anos apresentaram, ambos, 55,5 % de valores semelhantes entre si.

Mediante as análises dos valores obtidos para cada classe de idade, foram definidos dois padrões de combustível que formaram o modelo estático objetivado por esta pesquisa, sendo eles: o padrão de combustível formado pelo povoamento de 8 anos, com valores característicos muito evidentes e, o padrão formado pela união dos demais povoamentos. O Quadro 29 apresenta o modelo estático proposto.

QUADRO 29 – MODELO ESTÁTICO DE COMBUSTÍVEL DOS POVOAMENTOS DE ARAUCÁRIA ESTUDADOS

CLASSE DE IDADE (anos)	Área basal (m ² .ha ⁻¹)	Altura média da vegetação do sub-bosque (m)	Densidade de carga (g.cm ⁻³)	Espessura da liteira (cm)	Carga TOTAL do material combustível (t.on.ha ⁻¹)	Carga do material combustível verde (ton.ha ⁻¹)	Carga do material combustível seco (ton.ha ⁻¹)
8	4,0 - 6,80 - 12,0	0,88 - 1,26 - 1,71	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	8,66 - 20,13 - 27,53	8,66 - 19,91 - 27,53	0,00 - 0,22 - 2,0
19 a 38	17,0 - 36,05 - 56,50	0,27 - 0,62 - 1,34	0,010 - 0,037 - 0,093	1,0 - 4,56 - 12,0	5,73 - 13,66 - 26,88	0,46 - 1,76 - 6,11	4,71 - 11,9 - 24,81

CLASSE DE IDADE (anos)	Classes do material combustível (g.m ⁻²)										
	Combustível verde				Combustível seco						
	Herbáceo	V1	V2	V3	MISCELÂNEA	S1	S2	S3	S4	Estróbilo	Grimpa
8	866,05 - 1991,45 - 2752,97	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 0,00 - 0,00	0,00 - 21,60 - 199,66
19 a 38	0,00 - 71,71 - 183,82	0,00 - 51,81 - 198,15	0,00 - 47,69 - 506,57	0,00 - 5,11 - 244,8	74,07 - 520,575 - 1122,42	13,10 - 61,84 - 159,20	0,00 - 131,09 - 715,85	0,00 - 50,12 - 572,43	0,00 - 0,49 - 45,6	0,00 - 3,23 - 33,1	22,3 - 423,3 - 1157,38

NOTA: Os valores de carga das classes de material combustível, dispostos no modelo estático proposto no Quadro 29, foram obtidos dos povoamentos com idade de 19, 24, 25 e 38 anos, extraindo-se os valores mínimo e máximo de cada variável (considerando as 4 idades ao mesmo tempo). O valor médio do Quadro 29 corresponde à média aritmética dos valores médios do Quadro 28.

5 CONCLUSÕES

Com base nos dados levantados pela amostragem do material combustível, concluiu-se que:

1) O povoamento de 8 anos de idade apresentou a maior carga de material combustível total dentre os povoamentos estudados.

2) Os povoamentos com idade de 24 e 25 anos obtiveram valores estatisticamente iguais em 94,4% das variáveis analisadas.

3) Excetuando-se o plantio jovem (8 anos), os reflorestamentos de araucária estudados apresentaram cargas de material combustível compostas principalmente por combustíveis secos (mortos), com uma proporção aproximada de 9:1 entre combustíveis secos e combustíveis verdes.

4) As classes de material combustível que apresentaram maior participação na constituição da carga total foram miscelânea e grimpa.

5) A variável independente “idade” de plantação foi a que melhor estimou as cargas de combustível vivo, morto e total.

6) O modelo que apresentou o melhor ajuste para estimativa da carga de material combustível verde (vivo) foi:

$$C_v = 66,1028 - 8,1021 \times I + 0,323677 \times I^2 - 0,0040743 \times I^3 \quad (r^2 = 0,91)$$

7) O modelo que apresentou o melhor ajuste para estimativa da carga de material combustível seco (morto) foi:

$$C_s = -12,1459 + 1,76849 \times I - 0,0303188 \times I^2 \quad (r^2 = 0,96)$$

8) O modelo que apresentou o melhor ajuste para a estimativa da carga total de material combustível foi:

$$C_T = 59,9139 - 7,46255 \times I + 0,350181 \times I^2 - 0,00489831 \times I^3 \quad (r^2 = 0,85)$$

9) O modelo estático desenvolvido foi baseado em 2 padrões de combustível: um padrão composto pelas características apresentadas pelo povoamento jovem de 8 anos e outro pelas características dos povoamentos de 19 a 38 anos.

REFERÊNCIAS

I ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES PARA PADRONIZAÇÃO DA TERMINOLOGIA FLORESTAL, 1, 1976, Curitiba. **Anais**. 101 p.

AGÊNCIA EFE. **Busch propõe corte de árvores para incêndios florestais**. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/mundo/interna/0,5502,OI43839-EI294,00.html>> Acesso em: 27 jan. 2004.

ANDERSON, H.E. **Aids to determining fuel models for estimating fire behavior**. Washington: USDA Forest Service, 1982. p. 1-22 (General Technical Report INT-122).

ANDERSON, H.E; BROWN, J.K. **Fuel characteristics and fire behaviour considerations in the wildlands**. In: Protecting people and homes from wildfires in the Interior West. Proceedings of the Symposium and Workshop, Missoula, Intermountain Research Station. USDA Forest Service, 1988. p. 124-130 (General Technical Report INT-251).

BATISTA, A. C. **Modelagem do comportamento do fogo em plantio de *Pinus taeda***. *Paper* obtido no Laboratório de Incêndios Florestais da UFPR, Curitiba, [200-].

_____. **Avaliação da queima controlada em povoamentos de *Pinus taeda* L. no Norte do Paraná**. Curitiba, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

_____. **Incêndios florestais**. Recife: UFRPE, 1990. 115 p.

_____. **Determinação de umidade do material combustível sob povoamento de *Pinus taeda* L.** Curitiba, 1984. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BOTELHO, H. S. *et al.* **Caracterização de combustíveis Florestais: sua utilização na previsão do fogo**. *Paper* obtido no Laboratório de Incêndios Florestais da UFPR, Curitiba, [198-?]. 11p.

BROWN, A.A.; DAVIS, K.P. **Forest fire: control and use**. 2.ed. New York: McGraw Hill Book, 1973. 686p.

BROWN, J. K. **Fuel and vegetation inventory procedures – white cap study**, [S.l.: s.n.], 1971. (mimeografado).

_____. **Handbook for inventorying downed woody material**. Utah: USDA Forest Service, 1974. 24p. (General Technical Report INT-16).

BROWN, J. K.; OBERHEU, R. D.; JOHNSTON, C. M. **Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the Interior West**. Odgen, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1982. 48p. (General Technical Report INT-129).

BURGAN, R. E.; ROTHERMEL, R.C. **BEHAVE**: fire behavior prediction and fuel modeling system – fuel subsystem. Odgen, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1984. 126p. (General Technical Report INT-167).

CARLTON, D. W.; PICKFORD, S. G. Fuelbed changes with aging of slash from ponderosa pine thinnings. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 80, n. 2, p. 105-108, 1982.

CIANCIULLI, P. L. **Incêndios florestais: prevenção e combate**. São Paulo: Nobel, 1981. 169p.

COMISSÃO EUROPEIA. **Incêndios florestais**. Disponível em: <<http://europa.eu.int/comm/research/leaflets/disasters/pt/forest.html>> Acesso em: 27 jan. 2004.

ESTADO DE SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991.

FERREIRA, A. B. H. **Minidicionário da língua portuguesa**. 1, ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1985. 506p.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

GAYLOR, H. P. **Wildfires: prevention and control**. Bowie: Prentice-Hall, 1974. 319p.

GOLDAMMER, J. G. **Incêndios florestais: prevenção, controle e uso do fogo**. Curitiba: [s.n.], 1982. 93p.

GOLLEY, F. B. *et al.* **Ciclagem de minerais de um ecossistema de floresta tropical úmida**. Tradução de: Eurípedes Malavolta. São Paulo: E.P.U., 1978.

GREENOUGH, J.A.. **Fuel characteristic classification system design**. Corvallis, Corvallis Forestry Sciences Lab, 2001. 48p. Arquivo PDF. Acrobat Reader (4.x).1.3.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

KLEIN, R. **Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978.

KOEHLER, C. W. **Variação estacional da deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa - PR**. Curitiba, 1989. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro**. Xerox obtido no Laboratório de Incêndios Florestais da UFPR, [S.l.], 1972.

OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Levantamento da estrutura horizontal de uma mata de araucária no primeiro planalto paranaense. Separata de: **EMBRAPA: boletim de pesquisas**, [S.l.], n.4, p. 1-42, 1982.

PIROLI, E. L.; CHAFFE, P. P. **Análise florística e determinação de volume das principais espécies ocorrentes em uma Floresta Ombrófila Mista**. Encontro de Energia no Meio Rural. Campinas, 2000. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000002200000100001&lng=en&nrm=abn> Acesso em: 20 fev. 2005.

PORTUGAL. Ministério da Administração Interna. Gabinete do Ministro. **Livro branco dos incêndios florestais ocorridos em 2003**. Disponível em: <www.mai.gov.pt/data/mai/pdf/livro_branco.pdf> Acesso em: 28 jan. 2004.

REGO, F.C.; BOTELHO, H. S. **A técnica do fogo controlado**. [S.L.: s.n.], 1990.124p.

REY, M. **Statement of Mark Rey, Under Secretary Natural Resources and the Environment United States Department of Agriculture Before the Committee on Agriculture U.S. House of Representatives Concerning 2002 Wildfire Season and Wildfire Threats for the 2003 Season July 23, 2003**. Disponível em: <http://www.fs.fed.us/congress/2003_testimony/7.23.03_rey_2002_2003_fire_season.htm> Acesso em: 28 jan. 2004.

RIBEIRO, G. A.; SOARES, R. V. Caracterização do material combustível superficial e efeitos da queima controlada sobre sua redução em um povoamento de *Eucalyptus viminalis*. **Cerne**. Lavras, v. 4, n. 1, p. 58-72, 1998.

RIBEIRO, G. A. **Estudo do comportamento do fogo e de alguns efeitos da queima controlada em povoamentos de *Eucalyptus viminalis* Labill em Três Barras, Santa Catarina**. Curitiba, 1997. 145 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: FUPEF, 1996. 49p.

SCHNEIDER, B.H.; BELL, D.T. A simple, effective technique for rapid measurement of fuels in low shrub communities. **Australian Forest Research**, East Melbourne, v. 15, n. 1, p. 79-84, 1985.

SERENZA, E. **Operação Mata Fogo registra aumento de incêndios em 2003**.

Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/destaque/161203_matafogo.htm> Acesso em: 27 jan. 2004.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF. 1985. 213p.

_____. **Biometria: delineamento de experimentos**. Curitiba: FUPEF, 1982. 98 p.

_____. Determinação da quantidade de material combustível acumulado em plantios de *Pinus* spp na região de Sacramento (MG). **Revista Floresta**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 48-62, 1979.

_____. Desbaste em *Araucaria angustifolia* (Bert) O.K.. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1., 1968, Curitiba. **Anais**. Curitiba: IBDF, 1968. 217-220.

SOUZA, L. J. B. **Secagem de material combustível em plantações de *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* Maiden**. Curitiba, 2000. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

USDA, **Fire management response to wildfires in Mexico**. Disponível em:

<http://www.fs.fed.us/global/news/oldnewsletters/october98/welcome_oct98.html> Acesso em: 28 jan. 2004.

VALERI, S. V.; REISSMANN, C. B. Composição da manta florestal sob povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Telêmaco Borba – PR. **Floresta**. Curitiba, v. 19, n. 1-2, 1989.

VÉLEZ, Ricardo (Coord.). **La Defensa contra Incêndios Forestales: Fundamentos y Experiencias**. España. 2000. paginação irregular.

VESPER – ESTUDO ORIENTADO. Disponível em:

<http://www.escolavesper.com.br/triangulodofogo/conhecendoofogo.htm> Acesso em: 06 dez. 2004.

WHELAN, R. J. **The ecology of fire**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 346p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALBINI, F. A. **Estimating wildfires behavior and effects**. Ogden: USDA Forest Service, 1976. 92p. (General Technical Report INT – 30).

ANDERSON, H. E. **Aids to determining fuel models for estimating fire behavior**. Ogden: USDA Forest Service, 1982. 22p. (General Technical Report INT – 122).

FREESE, F. **Elementary statistical methods for foresters**. Washington D.C: U.S Department of Agriculture Forest Service, 1967, 87 p.

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Normas para apresentação de documentos científicos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2001. 96p. (Redação e Editoração; 8).

_____. **Normas para apresentação de documentos científicos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. 50p. (Gráficos; 10).

KOEHLER, H. S. **Estatística experimental**. Curitiba: [s.n.], 1999. 124 p.

NETTO, S. P.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: [s.n.], v.1, 1997. 316 p.

SILVA, I. P.; SILVA, J. A. A. **Métodos estatísticos aplicados à pesquisa científica: uma abordagem para profissionais da pesquisa agropecuária**. Recife: UFRPE, 1999. 309 p.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw – Hill Book Co., 1960. 481p.

STSC. **Statgraphics: statistical graphics system by statistical graphics corporation**. U.S.A, 1986/87. paginação irregular.

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas. **Normas para apresentação de documentos científicos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. 44p. (Teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos; 2).

_____. Sistema de Bibliotecas. **Normas para apresentação de documentos científicos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2001. 72p. (Referências; 6).

_____. Sistema de Bibliotecas. **Normas para apresentação de documentos científicos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. 42p. (Citações e notas de rodapé; 7).

_____. Sistema de Bibliotecas. **Normas para apresentação de documentos científicos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. 54p. (Tabelas; 9).

APÊNDICE

APÊNDICE 1. METODOLOGIA ADOTADA PARA CORREÇÃO DAS COORDENADAS UTM DOS PONTOS AMOSTRAIS

A área da empresa Florestal Gateados encontra-se digitalizada nos *softwares* *ArcExplorer* e *ArcView-Gis*, sendo possível a obtenção das coordenadas geográficas (UTM) das parcelas amostrais previamente determinadas para cada projeto. Entretanto, as coordenadas fornecidas pelos *softwares* apresentam-se corrigidas em relação ao erro de leitura apresentado pelo GPS de mão. Este erro (intencional) apresenta uma média em relação aos pontos obtidos, e para que os pontos determinados em computador sejam realmente localizados em campo, foi necessário executar uma “aferição” da leitura do GPS. A sequência deste procedimento encontra-se enumerada abaixo:

- 1) Primeiramente fez-se necessário, no computador, coletar pontos que pudessem ser encontrados em campo (pontos conhecidos), como extremidades de galpões, casas, e outras benfeitorias ou referências e anotar as respectivas coordenadas UTM;
- 2) Em seguida, realizou-se a localização dos pontos no campo e obteve-se as coordenadas destes locais com o GPS de mão (nestes casos, aguardou-se cerca de 05 minutos por ponto para melhorar a precisão das coordenadas obtidas);
- 3) Com uma quantidade significativa de coordenadas, retornou-se ao escritório e procedeu-se à avaliação e quantificação dos valores obtidos (procurando na tela do *software* foi possível verificar a direção – quadrante – na qual os pontos se distanciavam) e estabeleceu-se uma média para os erros (ver item 1);
- 4) O valor médio do erro foi utilizado para readequar as coordenadas dos pontos obtidos no computador para que pudessem ser digitados no GPS;

1. PONTOS UTILIZADOS PARA AFERIÇÃO DO GPS

O Quadro 1 apresenta os pontos escolhidos na empresa e que serviram de base para corrigir a diferença entre as coordenadas obtidas no computador e as obtidas em campo.

QUADRO 1. COMPARATIVO ENTRE COORDENADAS UTM DE PONTOS CONHECIDOS OBTIDOS EM *SOFTWARE* E EM CAMPO

Pontos	Coordenadas UTM obtidas no <i>software</i>	Coordenadas UTM obtidas em campo	Diferença
AA1	518,916.30	518,873	- 43
	6,909,695.92	6,909,650	- 46
AA2	519,107.33	519,065	- 42
	6,910,295.26	6,910,244	- 51
AA3	518,870.94	518,824	- 47
	6,910,350.18	6,910,301	- 49
AA4	518,623.80	518,566	- 58
	6,910,432.56	6,910,381	- 52
AA5	518,356.36	518,307	- 49
	6,909,783.07	6,909,733	- 50
BB1	517,624.33	517,572	- 52
	6,906,504.83	6,906,456	- 49
BB2	517,688.60	517,636	- 53
	6,906,468.30	6,906,419	- 49
CC1	518,362.94	518,312	- 51
	6,906,151.82	6,906,097	- 55
CC2	518,383.73	518,334	- 50
	6,906,179.53	6,906,129	- 50
CC3	518,340.87	518,293	- 48
	6,906,206.81	6,906,158	- 49
CC4	518,322.68	518,274	- 49
	6,906,180.40	6,906,130	- 50

A média dos erros foi:

- a) Erro horizontal (Latitude): - 49,27 (aproximadamente: - 49)
- b) Erro vertical (Longitude): - 50

Com o erro conhecido, as coordenadas dos pontos obtidos no computador (parcelas) foram corrigidas e então digitadas no GPS de mão.

Com o objetivo de testar a acuracidade desta metodologia, realizou-se a correção para os pontos inicialmente utilizados (conhecidos), digitando as coordenadas no GPS de mão e retornando ao campo, com intuito de localizar estes pontos novamente. O resultado obtido encontra-se na Quadro 2.

QUADRO 2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS APÓS A CORREÇÃO E ERRO OBSERVADO

Pontos	Coordenadas UTM obtidas no <i>software</i>	Coordenadas UTM obtidas em campo	Coordenadas UTM do <i>software</i> corrigidas pelo erro médio apresentado	Diferença encontrada em campo em relação ao ponto conhecido	Erro determinado (com precisão do GPS em torno de 10 m)
AA1	518,916.30 6,909,695.92	518,873 6,909,650	518,867 6,909,646	+ 6 + 4	7,21 m NE
AA2	519,107.33 6,910,295.26	519,065 6,910,244	519,058 6,910,245	+ 7 - 1	7,07 m W
AA3	518,870.94 6,910,350.18	518,824 6,910,301	518,822 6,910,300	+ 2 + 1	2,23 m W
AA4	518,623.80 6,910,432.56	518,566 6,910,381	518,575 6,910,383	- 9 - 2	9,21 m E
AA5	518,356.36 6,909,783.07	518,307 6,909,733	518,307 6,909,733	0 0	0
BB1	517,624.33 6,906,504.83	517,572 6,906,456	517,575 6,906,455	- 3 + 1	3,16 m E
BB2	517,688.60 6,906,468.30	517,636 6,906,419	517,640 6,906,418	- 4 + 1	4,12 m E
CC1	518,362.94 6,906,151.82	518,312 6,906,097	518,314 6,906,102	- 2 - 5	5,38 m N
CC2	518,383.73 6,906,179.53	518,334 6,906,158	518,335 6,906,129	-1 0	1,0 m E
CC3	518,340.87 6,906,206.81	518,293 6,906,158	518,292 6,906,157	+ 1 + 1	1,41 m SW

De acordo com os resultados, verificou-se que efetuando a correção das coordenadas obtidas no *software* com os valores médios do erro apresentado (latitude e longitude), obteve-se uma precisão média de raio 4,079 metros do ponto real, ou seja, todas as parcelas determinadas no computador e localizadas em campo com o GPS de mão estariam a não mais que 10 metros de raio (erro máximo obtido foi de 9,21 m) do ponto correto.