

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALEXANDRE RODRIGUES

CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DO ESTRATO HERBÁCEO
EM ÁREA DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA – PARANÁ COMO FATOR
DE INFLUÊNCIA NA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

CURITIBA

2018

ALEXANDRE RODRIGUES

CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DO ESTRATO HERBÁCEO
EM ÁREA DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA – PARANÁ COMO FATOR
DE INFLUÊNCIA NA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

CURITIBA

2018

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Rodrigues, Alexandre

Caracterização do material combustível do estrato herbáceo em área do Parque Estadual de Vila Velha – Paraná como fator de influência na ocorrência de incêndios florestais / Alexandre Rodrigues. – Curitiba, 2018.
57 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

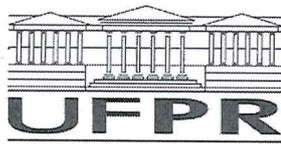
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 09/03/2018.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Incêndios florestais - Paraná. 2. Parque Estadual de Vila Velha (PR). 3. Incêndios florestais - Prevenção e controle. 4. Teses. I. Soares, Ronaldo Viana. II. Tetto, Alexandre França. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.43(816.2)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL

TERMO DE APROVAÇÃO

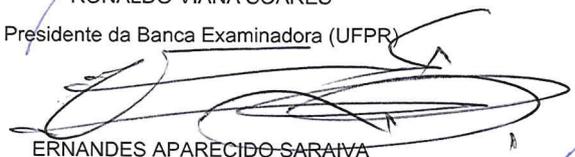
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **ALEXANDRE RODRIGUES** intitulada: **CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL DO ESTRATO HERBÁCEO EM ÁREA DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA - PARANÁ COMO FATOR DE INFLUÊNCIA NA OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

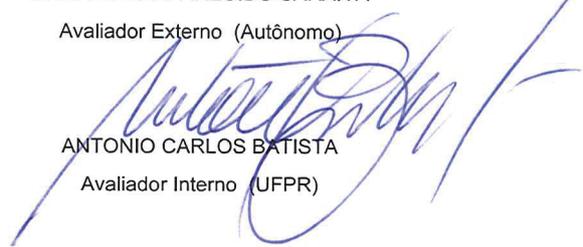
Curitiba, 09 de Março de 2018.


RONALDO VIANA SOARES

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


ERNANDES APARECIDO SARAIVA

Avaliador Externo (Autônomo)


ANTONIO CARLOS BATISTA

Avaliador Interno (UFPR)



AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais esta conquista.

A minha esposa Keli Patricia Taborda Rodrigues e aos meus filhos Pedro e Maria, pelo companheirismo e compreensão devido ao tempo despendido na realização deste trabalho. Amo vocês.

Aos meus pais, Manoel Severiano Rodrigues e Maria Helena Rodrigues, pelo carinho e por sempre estarem ao meu lado. Aos meus irmãos Daniel Peterson Rodrigues e Paulo Marcelo Rodrigues, pelo apoio e incentivo desde o início para as atividades aqui realizadas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares e ao meu coorientador, Prof. Dr. Alexandre França Tetto, pelo conhecimento, auxílio e incentivo. A vocês minha gratidão, admiração e respeito.

Aos coordenadores e diretores das escolas onde trabalho, Clei Gilberto Broenstrup, Janir Paulo Rodrigues, Pedro Márcio Theverson Rodrigues, Jair Antonio Rodrigues, Luiz Carlos Rodrigues, Eduardo Lavagnini, Jorge Abdalla Derbly Netto e Gilberto Santos Gueretz, pela compreensão e apoio aos momentos em que precisei me ausentar de minhas atividades profissionais para atender as necessidades deste estudo.

Ao Dr. Celso Darci Seger e a MSc. Bruna Kovalsyki, minha gratidão pelos conselhos e ensinamentos em campo, além do valioso auxílio com esta pesquisa.

Ao Instituto Ambiental do Paraná e aos funcionários do Parque Estadual de Vila Velha, pelo atenção e envolvimento com a pesquisa.

À Universidade Federal do Paraná, em especial ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal.

RESUMO

Estudos que tratam de inventariar o material combustível de áreas conservadas se fazem relevantes em regiões nas quais se observa elevado perigo de incêndio, sendo seus dados utilizados para embasar sistemas efetivos de manejo e, como consequência, possibilitar uma melhor atuação no combate do fogo. Este trabalho foi realizado no Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, estado do Paraná, e teve por objetivo caracterizar o material combustível da vegetação de campos (estepe gramíneo-lenhosa) da área. As coletas de dados foram realizadas nos meses de março, junho e outubro de 2016, envolvendo três das quatro estações do ano. Para a caracterização do material combustível herbáceo foram escolhidas duas áreas de manejo (áreas 5 e 11) localizadas na porção norte do Parque. A metodologia empregada na coleta foi a de “amostragem destrutiva”, que consiste na retirada de todo o material contido nas parcelas de amostragens. Foram instalados sistematicamente 36 pontos, em 4 parcelas de amostragens de 100 x 100 m, sendo duas na área 5 e duas na área 11. As coletas de material herbáceo foram realizadas com moldura metálica de 1 m². Três tipos de material foram considerados na análise estatística: material vivo, material morto e miscelânea (sem diferenciação devido a decomposição), todos com diâmetro ≤ 0,7 cm. A carga total de material combustível do estrato herbáceo foi estimada em 12,661 ton.ha⁻¹. A quantidade de material combustível morto se mostrou superior em relação ao material vivo. As classes de material morto (6,845 ton.ha⁻¹) e miscelânea (4,114 ton.ha⁻¹) totalizaram 10,959 ton.ha⁻¹, com representatividade de praticamente 87% da carga total do material herbáceo. A representatividade do material vivo no mês de março, quando as temperaturas são mais elevadas, foi aproximadamente o dobro para esta mesma categoria nos demais meses. A maior média para o teor de umidade também foi encontrada no mês de março, quando há ocorrência de maior índice pluviométrico, onde o material vivo apresentou 109,56%, o material morto 45,73% e a miscelânea 45,83%. Os resultados obtidos neste estudo encontram-se dentro da faixa de valores apresentada na literatura para experimentos de determinação de carga e teor de umidade de material combustível de vegetação de campos.

Palavras chave: incêndio florestal, campos naturais, perigo de incêndio e unidade de conservação.

ABSTRACT

Studies which deal with forest fuel inventory in preserved areas are relevant in regions where there is a high risk of fire, and their data could be used to support effective management systems and, as a consequence, to enable a better fire fighting performance. This work was carried out in the Vila Velha State Park, Ponta Grossa county, state of Paraná, and had the objective of characterizing the fuel material of the field vegetation of the area. Data collection was carried out in March, June and October 2016, involving three of the four seasons of the year. Two management areas (area 5 and area 11) located in the northern portion of the Park were selected for the herbaceous fuel material characterization. The methodology used in the collection was the one of "destructive sampling", that consists of the removal of all the material contained in the plots of samples. A total of 36 points were plotted systematically in four sampling plots of 100 x 100 m, two plots in area 5 and two plots in area 11. The collections of herbaceous material were made with metal frame of 1 m². Three types of material were considered in the statistical analysis: living material, dead material and miscellaneous (without differentiation due to decomposition), all with diameter ≤ 0,7 cm. The total fuel load of the herbaceous stratum was estimated at 12,463 ton.ha⁻¹. The amount of dead combustible material proved to be higher than the living material. The classes of dead material (6,830 ton.ha⁻¹) and miscellaneous (4,028 ton.ha⁻¹) totaled 10,858 ton.ha⁻¹, representing almost 88% of the total herbaceous material load. The representativity of the living material in March, when temperatures are higher, was approximately double for this same category in the other months. The highest average for moisture content was also found in March, when there was a higher rainfall index, where live material had 109.56%, dead material 45.73% and miscellaneous 45.83%. All the results obtained in this study are within the range of values presented in the literature for experiments of determination of load and moisture content of combustible material of field vegetation.

Keywords: forest fire, natural fields, fire hazard and conservation unit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	- LOCALIZAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA.....	26
FIGURA 2	- MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA PARA O MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA, NO PERÍODO DE 2001 A 2016.....	27
FIGURA 3	- MAPA HIDROGRÁFICO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA.....	29
FIGURA 4	- VEGETAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA, PONTA GROSSA, PR.....	31
FIGURA 5	- DIVISÕES DOS SÍTIOS AMOSTRAIS UTILIZADOS NO PLANO DE MANEJO.....	32
FIGURA 6	- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE AMOSTRAGEM NO INTERIOR DO PEVV.....	34
FIGURA 7	- MAPA DOS TALHÕES PREVISTOS PARA QUEIMA CONTROLADA NO PEVV.....	34
FIGURA 8	- ESTACA DE MADEIRA DEMARCANDO O PONTO DE AMOSTRAGEM.....	35
FIGURA 9	- CROQUI DA ÁREA COM INDICAÇÃO DAS QUATRO PARCELAS DE COLETA.....	36
FIGURA 10	- CROQUI DA ÁREA DE COLETA AO REDOR DO PONTO DE AMOSTRAGEM (A) E MOLDURA DE 1 m ² UTILIZADO NA COLETA (B).....	37
FIGURA 11	- SEQUÊNCIA DA COLETA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL: DEPOSIÇÃO DA MOLDURA METÁLICA (A); CORTE E RETIRADA DO MATERIAL (B); SEPARAÇÃO EM CLASSES (C) E DETERMINAÇÃO DA MASSA DO MATERIAL FRESCO (D).....	38
FIGURA 12	- MATERIAL DA CLASSE MISCELÂNIA.....	38
FIGURA 13	- SEQUÊNCIA DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DA MASSA DE MATERIAL SECO: DETERMINAÇÃO DA MASSA DA SUBAMOSTRA DE MATERIAL FRESCO (A), SECAGEM EM ESTUFA (B) E DETERMINAÇÃO DA MASSA DO MATERIAL SECO (C).....	39

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- ESTUDOS REFERENTES À ANÁLISE DOS EFEITOS DO FOGO NA VEGETAÇÃO.....	21
TABELA 2	- SÍTIOS E UNIDADES DE PAISAGEM UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DO PEVV.....	30
TABELA 3	- CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL FINO INICIALMENTE PREVISTAS PARA ANÁLISE.....	41
TABELA 4	- CÁLCULO DA SUFICIÊNCIA DE AMOSTRAGEM (N) PARA AS CLASSES DE MATERIAIS COMBUSTÍVEIS HERBÁCEOS ANALISADOS.....	42
TABELA 5	- CARGA MÉDIA (ton.ha ⁻¹) E COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO.....	42
TABELA 6	- REPRESENTATIVIDADE MÉDIA DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO FINO NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	44
TABELA 7	- TEOR DE UMIDADE DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	13
3.1.1 Tipos de materiais combustíveis	14
3.1.2 Arranjo do material combustível.....	15
3.1.3 Umidade do combustível	15
3.2 O FOGO	16
3.3 O FOGO E OS ECOSISTEMAS	17
3.3.1 Efeitos do fogo na vegetação	19
3.3.2 Efeitos do fogo na fauna	21
3.4 COMPORTAMENTO DO FOGO.....	23
3.4.1 Taxa de propagação	23
3.4.2 Intensidade do fogo.....	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
4.1.1 Localização	26
4.1.2 Clima	27
4.1.4 Solos	28
4.1.5 Hidrografia	29
4.1.6 Vegetação	30
4.2 OBTENÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	33
4.2.1 Definição de pontos de amostragem de material.....	33
4.2.2 Coleta de material	36
4.2.3 Determinação da carga de material combustível herbáceo	39
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	41
5.1 QUANTIFICAÇÃO PRELIMINAR DO MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	41
5.2 INTENSIDADE DE AMOSTRAGEM	41
5.3 QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO FINO.....	42
5.4 REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DO MATERIAL HERBÁCEO.....	44
5.5 TEOR DE UMIDADE	46

6 CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICE 1 - RESULTADOS DAS COLETAS REALIZADAS NA ESTAÇÃO DO OUTONO	55
APÊNDICE 2 - RESULTADOS DAS COLETAS REALIZADAS NA ESTAÇÃO DA PRIMAVERA	56
APÊNDICE 3 - RESULTADOS DAS COLETAS REALIZADAS NA ESTAÇÃO DO VERÃO	57

1 INTRODUÇÃO

Estudos voltados à caracterização do material combustível se fazem relevantes em regiões nas quais se observa elevado perigo de incêndio, sendo seus dados utilizados para embasar sistemas efetivos de manejo e, como consequência, possibilitar uma melhor atuação no combate do fogo.

O combustível florestal é um composto misto entre material lenhoso, como ramos, galhos e troncos de árvores e arbustos, e material foliar, vivo ou morto, depositados na superfície do solo (CONTRERAS; CERVANTES, 2007). Segundo Vélez (2000), o conhecimento antecipado das particularidades dos combustíveis é indispensável para se avaliar corretamente o comportamento de um incêndio.

Por ser um dos componentes do triângulo do fogo, algumas especificidades do material combustível são essenciais para a propagação e manutenção das chamas, entre as quais pode-se citar seu arranjo, a tipologia, a compactação, o teor de umidade e a quantidade (SEGER, 2015).

De acordo com Batista, Soares e Tetto (2017), quanto maior a quantidade de material combustível disponível para a queima, maiores serão as dificuldades em se controlar um incêndio. Esta variável determina se haverá ou não propagação das chamas, além de definir a intensidade de calor liberado pelo fogo durante um incêndio florestal. Sua estimativa, geralmente expressa em termos de massa de matéria seca ao forno por unidade de área, é fator decisivo em planos de prevenção e combate aos incêndios, especialmente em programas de queimas controladas, em regiões onde a prática do uso fogo se faz recorrente e, ainda, em áreas de proteção integral pertencentes ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), como por exemplo nos limites internos dos parques nacionais e estaduais.

O Parque Estadual de Vila Velha, localizado no estado do Paraná, apresenta parte de sua área recoberta pela vegetação de estepe (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP), 2004), composta por uma variedade de espécies de Poaceas (gramíneas) de fino diâmetro e fácil ignição, o que o torna suscetível a incêndios regulares, conforme tem se observado ao longo dos anos (SEGER, 2016). A ação antrópica no seu entorno, como também as proximidades a uma rodovia (BR 376), podem ser considerados fatores relevantes que explicam a presença do fogo em suas áreas protegidas.

Devido a inexistência de estudos voltados à caracterização do material combustível nas áreas do parque em todas as estações anuais, analisando-as e comparando-as, este trabalho teve por objetivo caracterizar o material combustível da estepe gramíneo-lenhosa (estrato herbáceo) que recobre parte desta unidade de conservação, buscando subsídios para futuras ações de manejo voltadas à prevenção de incêndios e de combate ao fogo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as características do material combustível do estrato herbáceo presente em áreas experimentais distintas dentro dos limites do Parque Estadual de Vila Velha, Paraná.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do presente trabalho foram:

- a) Quantificar o material combustível em períodos estacionais distintos nas áreas experimentais selecionadas;
- b) Contribuir para o planejamento de ações de combate e prevenção previstas no plano de manejo do parque.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 MATERIAL COMBUSTÍVEL

Para que haja a ocorrência de um incêndio em um determinado ecossistema, há necessidade da presença de três elementos básicos os quais integram o chamado “triângulo do fogo”: o oxigênio, envolvido na manutenção das chamas; o calor, utilizado para a início e a continuidade do processo de queima e o material combustível, definido como qualquer material orgânico, vivo ou morto, capaz de entrar em ignição e queimar (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017). Segundo Carvalho e McQuay (2007) este último define-se como toda substância química que em contato com um oxidante tende a produzir uma reação exotérmica, isto é, liberar energia na forma de calor. Desta forma, a observância das particularidades dos combustíveis de uma determinada região se faz relevante ao se avaliar corretamente o comportamento de um incêndio (VÉLEZ, 2000), mesmo que haja a interferência das condições meteorológicas em seu local de ocorrência (BEUTLING *et al.*, 2005).

Em uma floresta, os combustíveis podem ser classificados, no que tange a sua localização, como aéreos ou superficiais. Como aéreos, entende-se aqueles que compõem o dossel da floresta, fisicamente separados do solo. Copas das árvores, tocos e musgos são exemplos de materiais que se enquadram nesta categoria. Já os superficiais, aqueles que se posicionam imediatamente acima ou sobre o piso da floresta, compreendem matérias tais como folhas, troncos e galhos caídos, assim como gramíneas, ervas e arbustos (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

De acordo com Seger (2015), certas especificidades dos materiais combustíveis são fundamentais para que haja a manutenção e propagação do fogo, tais como o teor de umidade, sua compactação, a relação existente entre material vivo e morto, seu arranjo e sua quantidade. Neste último, sua análise e conhecimento permitem determinar a capacidade ou não da propagação das chamas, além de definir a intensidade de calor liberado durante a ocorrência de um incêndio. De fato, quanto maior a quantidade de combustível disponível para a queima, mais dificultoso se tornam as práticas utilizadas no controle de um incêndio (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

A quantificação do material combustível, expressa em massa seca por unidade de área, é considerada um fator decisivo na prevenção e combate a incêndios

(SEGER, 2015), o que faz do conhecimento do teor de umidade um dado relevante ao analisar os combustíveis de um determinado ecossistema, em especial no que se refere aos perigos de ocorrência de incêndios em suas áreas (FOSBERG; LANCASTER; SCHROEDER, 1970; YEBRA; CHUVIECO; RIAÑO, 2006; SEGER, 2015).

Outro fator a ser considerado ao se analisar o material combustível é a sua capacidade de ignição. Aqueles que se mostram com fácil e rápida ignição, quando em condições naturais, são classificados como perigosos. Outros, com ignição mais lenta, mas participativos no avanço do fogo, são definidos como semi-perigosos, enquanto a vegetação viva, verde, em função ao alto teor de umidade que apresenta, não é considerada inflamável, embora podem avançar para outra categoria de classificação caso passe por um processo de secagem, como por exemplo, pela própria ação de combustão de outros materiais combustíveis (SOARES, 1985; BATISTA, 1990, SOARES; BATISTA; TETTO, 2017; SEGER, 2015).

Considera-se também na avaliação do material combustível, além de sua tipologia e quantificação, o arranjo como eles se apresentam nos diversos ecossistemas. Os principais aspectos a serem considerados neste quesito são a continuidade, a compactação ou densidade e a forma como se distribuem verticalmente. Com estes fatores, pode-se estabelecer como base a facilidade ou não de um incêndio se propagar, servindo de subsídio para a escolha das técnicas mais efetivas de combate, assim como observar as chances reais destes se transformarem de incêndios de superfície em outras modalidades, como por exemplo, os incêndios de copa (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

3.1.1 Tipos de materiais combustíveis

Os matérias combustíveis podem ser divididos, de acordo com sua tipologia, em verdes, semi-perigosos e perigosos (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Os combustíveis verdes são formados pela vegetação viva de uma floresta e, devido ao elevado teor de umidade, apresentam baixo ou nenhum potencial de flamabilidade (BEUTLING, 2009).

Os combustíveis semi – perigosos, de acordo com Soares, Batista e Tetto (2017), podem ser classificados como aqueles que compreendem galhos acima de 1,0 cm de diâmetro, turfas, húmus e troncos caídos. Assim, materiais de queima lenta,

de aspecto lenhoso ou em decomposição e compactados, enquadram-se nesta categoria. Ainda, os mesmos autores classificam, como combustíveis perigosos, folhas, musgos, gramíneas e pequenos galhos (diâmetro inferior a 1,0 cm) em estado seco. Esta condição facilitaria o processo de ignição, além de acelerar a propagação e permitir que o material queime rapidamente.

3.1.2 Arranjo do material combustível

O arranjo do material combustível pode ser relacionado aos aspectos de sua distribuição, continuidade e compactação (BEUTLING, 2009).

A distribuição pode ser compreendida como o posicionamento vertical ou horizontal do combustível dentro do estrato florestal, cuja importância se relaciona a tendência da conversão de um incêndio superficial em um incêndio de copa (REGO; BOTELHO, 1990). Já a continuidade, de acordo com Soares, Batista e Tetto (2017), refere-se à disposição horizontal dos combustíveis sobre uma determinada área. Se a disposição for uniforme e as partículas de combustível estiverem próximas umas das outras, o calor é transferido com facilidade, permitindo a propagação normal do incêndio.

A compactação refere-se à quantidade de combustível por unidade de volume, o que indica a proximidade das partículas combustíveis em relação à circulação de ar em torno das mesmas. Assim, quanto maior a circulação de ar entre partículas, maior será também a propagação das chamas devido a elevada oxigenação.

3.1.3 Umidade do combustível

De acordo com Soares, Batista e Tetto (2017), o efeito da umidade do combustível no potencial de combustão do material lenhoso e na propagação dos incêndios é tão pronunciado e evidente que nenhuma medição é necessária para demonstrar sua importância. Esta referência indica que, em elevado teor de umidade, o material combustível não queima (BEUTLING, 2009). O autor explica que 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.

Rego e Botelho (1990) afirmam que a combustão com chamas é impossibilitada

com valores de 12% de umidade para certas espécies de plantas herbáceas e até 200% para acículas de plantas do gênero *Pinus*. Para a “manta morta”, a impossibilidade de combustão se faz em valores entre 25 a 40% de umidade e, para a maior parte dos combustíveis vivos, entre 120 a 160% (BEUTLING, 2009). Para o mesmo autor, a umidade do material combustível determina a quantidade de calor requerida para a ignição da matéria vegetal, pois 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.

Batista (1990) cita que combustíveis mortos e vivos têm diferentes mecanismos de retenção de água assim como também diferem nas respostas às variações climatológicas. Tais fatores caracterizam os materiais combustíveis quanto à probabilidade de ignição e periculosidade.

3.2 O FOGO

O fogo corresponde a um fenômeno físico e natural capaz de liberar elevadas taxas de energia, devido à rápida combinação de um material combustível qualquer com o oxigênio atmosférico (SEGER, 2015). Ele é considerado um dos distúrbios mais ocorrentes na natureza, modelando ecossistemas, atuando nas populações bióticas e tendo desempenhado papel importante no caminhar histórico das civilizações (KOPROSKI, 2010).

O domínio do fogo pela humanidade é datado de mais de 500.000 anos. Sem ele, a espécie humana ainda estaria submetida a uma vida nas cavernas das regiões de temperaturas mais elevadas do planeta (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Durante o período paleolítico superior, há aproximadamente 30.000 anos A.C, o homem de Cro-Magnon já fazia do fogo uma importante fonte energética (HÉMERY; BEBIER; DELÉAGE, 1993). Isto permitia não apenas o seu aquecimento diante das temperaturas menos elevadas, como também favorecia a prática de atividades em períodos noturnos (FONSECA, 1972). Com as migrações do homem de Cro-Magnon para o norte europeu, devido à escassez de alimentos e as alterações climáticas, deu-se início à Revolução Neolítica, período marcado pelo desenvolvimento da agricultura e da pecuária (HÉMERY; BEBIER; DELÉAGE, 1993), com o fogo tendo papel crucial no desenvolvimento das primeiras formas de armazenamento de energia excedente.

Segundo Myers (2006), desde os primeiros seres humanos houve a percepção da utilidade do fogo como ferramenta útil no manejo da cobertura vegetal e da vida selvagem dos biomas africanos, passando em seguida a ser utilizado de maneiras mais específicas, como no manejo e limpeza do solo, otimizando as práticas agropecuárias. Rosch *et al.* (2004) afirmam que entre 4300 e 2300 A.C o fogo já era utilizado na agricultura pelos habitantes da Europa Ocidental. Além disso, seu uso era direcionado para diversos outros fins, como no auxílio da caça, na proteção contra animais selvagens, na proteção contra o frio e no preparo de alimentos (FIDELIS; PIVELLO, 2011).

A atração pelo fogo ao longo da história não se fez apenas pelo seu potencial prático e destrutivo. Desde os tempos mais remotos a humanidade sentia-se atraída pelo seu poder místico, passando a criar lendas e mitos a seu respeito, incluindo o seu uso tanto em celebrações festivas como também em práticas religiosas. Muitos destes rituais perduram até os tempos atuais, como a queima de velas em altares e as fogueiras das festividades juninas que ocorrem no Brasil (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Durante as colonizações, o uso do fogo teve relevante importância nas conquistas territoriais realizadas pelos desbravadores. Os colonizadores europeus o utilizavam para as derrubadas de florestas durante a exploração de seus novos territórios, o “Novo Mundo”, conforme eram chamadas por eles tais terras recém descobertas (CHENEY; SULLIVAN, 2008). Os mesmos autores afirmam que a prática do fogo com finalidades agrícolas foi implantada por volta do ano de 1700 pelos colonizadores ingleses, quando estes já se encontravam sobre os solos do continente australiano.

De fato, em acordo com Soares, Batista e Tetto (2017), eventos importantes que contribuíram para o desenvolvimento da humanidade, os quais vão desde a construção das máquinas a vapor às viagens espaciais, não teriam ocorrido sem o domínio do fogo pela espécie humana.

3.3 O FOGO E OS ECOSISTEMAS

De acordo com a influência que o fogo exerce nas relações existentes entre os fatores bióticos e abióticos de uma determinada área, os ecossistemas podem ser classificados mediante a análise da dependência e da sensibilidade que tal fator pode

trazer para o seu funcionamento ecológico (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005). Assim, os mesmos autores estabelecem três categorias de classificação mediante a resposta da vegetação na presença deste fenômeno: os ecossistemas dependentes do fogo, os sensíveis ao fogo e os independentes do fogo.

Os ecossistemas dependentes do fogo são aqueles onde os indivíduos selecionados naturalmente apresentam adaptações de sobrevivência na presença do fogo, o qual se faz necessário na conservação das espécies locais, de seus habitats e de seus nichos funcionais (MYERS, 2006). Cada espécie teve sua evolução em resposta a características específicas, como a intensidade e as estações de ocorrência das queimas. Nestes locais, a supressão do fogo, assim como as alterações nos regimes naturais de queima, poderia torná-lo significativamente diferente, o que afetaria a dinâmica da flora e da fauna a ele associada (TUMOLO NETO, 2014).

Os ecossistemas sensíveis ao fogo apresentam espécies sem adaptações de sobrevivência na presença deste fenômeno. Desta forma, mesmo quando as queimadas se fazem em baixa intensidade, observa-se considerável comprometimento das comunidades locais, com taxa de mortalidade elevada (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005). A composição e a estrutura da vegetação são fatores que dificultam o processo de ignição e a propagação do fogo (TUMOLO NETO, 2014), sendo sua presença em ocorrência natural raramente observada (MYERS, 2006).

Independentes do fogo são os ecossistemas em que a presença das queimadas geralmente não se faz necessária em seu funcionamento e, quando se faz, exerce um pequeno papel. Normalmente, são regiões demasiadamente úmidas, frias, ou secas demais para queimar (TUMOLO NETO, 2014). Os ambientes com estações indefinidas das florestas tropicais, assim como os biomas de tundra e os desertos, são exemplos de ecossistemas que se enquadram nesta categoria (MYERS, 2006).

Ainda conforme descrito por Myers (2006), pode-se considerar a presença de um quarto critério de classificação, onde se incluem os ecossistemas influenciados pelo fogo. Nestes, a vegetação encontra-se em uma zona transitória entre os ecossistemas dependentes e independentes (ou sensíveis) das categorias anteriormente citadas.

De acordo com Soares, Batista e Tetto (2017), o fogo pode resultar em alterações significativas nas propriedades físicas, químicas e biológicas de um ecossistema, causando efeitos no solo, no ar, na fauna e na vegetação.

3.3.1 Efeitos do fogo na vegetação

Os danos causados diretamente sobre as árvores que compõem um ecossistema podem ser considerados um dos mais notáveis efeitos que o fogo pode exercer sobre a vegetação de uma determinada área (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017). Os mesmos autores afirmam que desde os incêndios superficiais aos ocorrentes nas copas das árvores, sendo estes últimos os mais danosos, ambos podem levar a consequências negativas à estrutura das plantas que habitam uma região afetada pelo fogo. Tais consequências variam desde a formação de cicatrizes, que podem favorecer a ação de agentes patogênicos, à morte efetiva de células que compõem os variados tecidos vegetais, em especial ao câmbio, quando este é submetido a temperaturas consideradas letais. Kayll (1963) demonstrou que temperaturas de 60 °C entre 2 a 4 minutos ou ainda, temperaturas de 65 °C em menos de dois minutos, já se fazem suficientes para interromper a ação deste tecido meristemático.

No entanto, segundo descrito por Myers (2006), alguns ecossistemas apresentam naturalmente uma dependência da presença do fogo em sua dinâmica funcional, sendo este um fator determinante no desenvolvimento de suas espécies vegetais. A dominância de certos tipos florestais e de outras vegetações teria se dado devido a influência que o fogo havia exercido ao longo do tempo (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017), onde vários são os exemplos de ecossistemas desta natureza ocorrentes em todo o mundo (TUMOLO NETO, 2014).

De acordo com Zavala-Chávez (2003), existe na Mesoamérica uma variedade de florestas e savanas de pinheiros que depende do fogo durante o seu desenvolvimento. Áreas de *Pinus caribaea*, espécie dependente do fogo, se estendem nesta região desde as Bahamas até Cuba, passando por países como a Nicarágua e Honduras (MYERS; WADE; BERGH, 2004; MYERS; O'BRIEN; MORRISON, 2006; TUMOLO NETO, 2014). No sul e sudoeste asiático, em regiões que vão de Assam Hills, na Índia, até Mianmar, na Tailândia, sul da China, Camboja, Laos, Vietnã, Filipinas e Sumatra, outras espécies do gênero *Pinus* se estendem formando vastas

florestas em ambientes tropicais e subtropicais, tendo o fogo um papel fundamental na manutenção de suas características naturais (KOWAL, 1966; RICHARDSON; RUNDEL, 1998).

Na América do Sul, existem campos pirofíticos encontrados em vários países, como na Bolívia, Peru, Venezuela e Paraguai (TUMOLO NETO, 2014). Neste continente, o fogo assume um importante papel em ecossistemas temperados, como no caso das florestas com araucária (MYERS, 2006), que apresenta *Araucaria angustifolia*, o “pinheiro-do-Paraná”, como uma espécie de alta inflamabilidade e ao mesmo tempo com uma elevada resistência ao fogo (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017). O mesmo pode se observar em comunidades de *Eucalyptus* spp nas principais áreas florestais da Austrália, onde a maioria das espécies pertencentes a este gênero necessitam do fogo para a regeneração e continuidade de suas comunidades (CRANE, 1972). Assim como os pinheiros do sul das américas, o autor afirma que a resistência ao fogo é uma característica marcante dos eucaliptos destas regiões, comumente maior quando comparados a outras espécies de folhosas, o que possibilita sua sobrevivência em incêndios de certas intensidades e, como consequência, sua perpetuação local.

Outro bioma a ser considerado no hemisfério sul é o cerrado brasileiro, onde sua vegetação se apresenta em certos aspectos modelada pela diversidade de regimes de queimas (MIRANDA; BUSTAMANTE; MIRANDA, 2002), caracterizando uma comunidade definida como “clímax de fogo”, em função deste fenômeno não permitir sua evolução para as etapas mais avançadas de sucessão (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017). Para esta região, tais autores afirmam que determinações realizadas em amostras de carvão mostraram uma relação entre incêndios periódicos e sua vegetação há pelo menos 1600 anos, e sem estes, uma mudança estrutural em sua composição poderia ser observada ao longo dos tempos, o que comprometeria a biodiversidade atual.

As perturbações com o fogo nos exemplos expostos mostram o importante papel que este fenômeno exerce na abundância relativa de certas espécies e na manutenção da biodiversidade local destas categorias de ecossistemas (TUMOLO NETO, 2014). Na Tabela 1, os trabalhos mostram a influência do fogo na vegetação de acordo com algumas variáveis, como a floração, a rebrota e o reestabelecimento da vegetação em algumas regiões do Brasil.

TABELA 1 – ESTUDOS REFERENTES À ANÁLISE DOS EFEITOS DO FOGO NA VEGETAÇÃO

Variável analisada	Ano	Localização	Referências
Parâmetros florísticos e estruturais da vegetação	2012	Nova Xavantina, MT	Silva (2013)
Reestabelecimento da vegetação	2015	Uberlândia, MG	Costa; Rodrigues (2015)
Efeito do fogo no desenvolvimento de lenhosas, palmeiras e cipós	2013	Senador Guiomard, AC	Araújo <i>et al.</i> (2013)
Rebrotamento pós-fogo de espécies arbustivas	2017	Santana do Riacho, MG	Furst <i>et al.</i> (2017)

FONTE: O autor (2018).

Algumas características particulares da vegetação, como a diferença da resistência de suas espécies e a suscetibilidade de suas árvores, são considerados pontos importantes ao se analisar o impacto do fogo na composição de um ecossistema (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017). Tais diferenças quanto à resistência permitem observar que espécies sobreviventes a incêndios ao longo dos tempos não apenas desenvolveram mecanismos quando submetidas à presença do fogo, como também apresentam propriedades que contribuiriam para a manutenção de suas comunidades locais (MUTCH, 1970). Já no caso dos fatores que afetam a suscetibilidade de árvores ou de florestas que estas compõem, Soares, Batista e Tetto (2017) apontam a temperatura inicial da vegetação, a espessura e características da casca, a flamabilidade da folhagem, a estação e o ciclo de crescimento, entre outros, os quais favorecem estudos que permitem a estimativa de danos causados a uma determinada cobertura vegetal, assim como também o planejamento para o emprego de futuras queimas controladas.

3.3.2 Efeitos do fogo na fauna

O papel que o fogo exerce sobre a fauna de um ecossistema fornece uma variedade de respostas, com a literatura mostrando em vários trabalhos que assim como os incêndios podem representar um processo fatal à fauna silvestre, em especial quando de elevada intensidade e de rápida incidência, os mesmos podem suplantam tais efeitos negativos em função dos benefícios que podem vir a trazer aos animais de ambientes os quais do fogo venham a depender (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Koproski (2009) afirma que os efeitos causados pelo fogo à fauna podem ser classificados como diretos ou indiretos. Enquanto os primeiros estão relacionados

com as respostas imediatas dos animais frente ao fogo e as consequências de seus comportamentos, como ferimentos e até a própria morte, os segundos podem ser presenciados a longo prazo, em função da alteração de seus habitats, os quais irão influenciar desde a forma de obtenção de alimentos ao comportamento reprodutivo das espécies envolvidas.

De acordo com Ahlgren e Ahlgren (1960), as perdas da fauna em incêndios raramente são significativas devido na maioria das vezes estes serem de baixa intensidade. Os autores afirmam que os animais muitas vezes conseguem driblar a não uniformidade que geralmente caracteriza a ação do fogo sobre uma vegetação, ora se refugiando em locais fora da zona de combustão, ora escapando dos flancos formado pelas chamas. No entanto, Gabrielson (1978), Michaelis (1948) e Koproski (2005) relatam ter observado em locais e épocas distintas o comprometimento de populações de mamíferos de diversas ordens, com algumas sendo completamente exterminadas, assim como também em grupos de ofídios, quando estes se colocaram frente a ação do fogo. Assim, diante das observações contraditórias e particulares, a análise dos efeitos que o fogo assume sobre a fauna silvestre não deve ser generalizado ao se considerar a diversidade dos grupos de animais ou de espécies que habitam determinado local, como também para as comunidades que compõem ecossistemas distintos (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Alguns autores afirmam que a ocorrência do fogo está diretamente ligada à forma de obtenção de alimento de certas espécies de animais (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017). Kilgore (1973) observou este efeito em ecossistemas de coníferas na América do Norte, onde o fogo age como estímulo à germinação e ao brotamento de certas espécies vegetais, as quais seriam utilizadas na dieta alimentar ou ainda como abrigo, tanto para aves como para mamíferos destas regiões. Tal observação vai de encontro ao exposto por Frost (1984), que afirma que o uso ativo das áreas queimadas em busca de alimentação, acrescentado da importância destes locais para a reprodução e criação de suas proles, se enquadram entre algumas das adaptações de certos animais quando na presença do fogo.

No entanto, o papel negativo da ocorrência de incêndios também é evidenciado por vários autores ao se referirem ao tema. De acordo com Soares, Batista e Tetto (2017), após a ocorrência deste fenômeno, pode-se verificar uma alteração na composição hídrica de ribeirões e lagos, devido ao transporte dos resíduos deixados pela ação do fogo, o que provavelmente levaria à morte os peixes habitantes da área

afetada. Ainda, a sedimentação de bacias hidrográficas, a destruição de locais propícios para ninhos de aves e o comprometimento de abrigos naturais compõem algumas das consequências desfavoráveis à fauna relatadas pelos mesmos autores.

3.4 COMPORTAMENTO DO FOGO

O comportamento do fogo resulta da interação entre os fatores que compõem o clima de uma região com certas condições locais, tais como a topografia da área, as técnicas utilizadas na queima, os combustíveis presentes e a forma como estes entram em ignição. Seu conhecimento serve como base para a análise do desenvolvimento das chamas em um incêndio, assim como também para compreender como se procede sua propagação (SEGER, 2015). Seu conhecimento permite que se estabeleça comparações entre queimas, que se efetue o planejamento de supressão e, ainda, que se estimem os efeitos do fogo em um determinado ecossistema (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

De acordo com os mesmos autores, o estudo do comportamento do fogo se faz mediante a análise de variáveis tais como a velocidade ou taxa de propagação do fogo, a intensidade do fogo, o tempo de residência e a energia liberada. Estas permitem quantificar e caracterizar o papel comportamental do fogo, bem como possibilitam controlar a dificuldade de extinção de um determinado incêndio (LENTILE, 2006). Ainda, os autores consideram as temperaturas atingidas na zona de combustão e altura de crestamento letal outras variáveis importantes neste processo do estudo. Julio (1996) também aponta como fatores relevantes em análises desta natureza a observância das características do terreno e do ambiente no momento da propagação das chamas, ambos tidos como reguladores do processo e responsáveis pela complexidade a qual um incêndio pode chegar.

3.4.1 Taxa de propagação

A taxa ou velocidade de propagação das chamas em um incêndio é considerada uma das variáveis mais importantes ao se estabelecer estudos que se referem à dinâmica comportamental do fogo. Obtida em uma relação de unidade métrica pelo tempo, é considerada uma variável fundamental para o cálculo posterior

da intensidade na qual o fogo se propaga, assim como a principal determinante de sua variação (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Devido a diversidade de fatores ambientais associados à propagação das chamas, a velocidade de propagação do fogo torna-se um dos parâmetros mais difíceis de ser estimado. Dentre os modelos que são utilizados para descrevê-la, o mais aceito atualmente é o modelo semi-físico desenvolvido por Rothermel (1972), embora de difícil emprego em função do número de variáveis utilizadas (BATISTA; BEUTLING; PEREIRA, 2013). Assim, observa-se também O uso de modelos empíricos de poucas variáveis, os quais vem se mostrando satisfatórios quando utilizados dentro da amplitude de variação das condições para as quais foram desenvolvidos (FERNANDES, 2001). Trabalhos como os apresentados por McArthur (1962), na Austrália, Bidwell e Engle (1991), nos Estados Unidos e por Fernandes (2001), em Portugal, descrevem alguns dos vários modelos empíricos de obtenção da velocidade de propagação do fogo em condições limitadas e específicas.

De acordo com Botelho e Ventura (1990), valores abaixo de $0,033 \text{ m.s}^{-1}$ caracterizam incêndios de velocidade de propagação lenta. Por outro lado, valores acima de $0,166 \text{ m.s}^{-1}$ são considerados de alta velocidade, podendo ser classificados como extremos ao suplantarem os $1,166 \text{ m.s}^{-1}$. Na prática, estes números podem ser compreendidos ao se analisar alguns trabalhos já apresentados. Em Minas Gerais, Soares (1979), trabalhando em queimas controladas em cultivos de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea*, obteve valores médios de velocidade de propagação do fogo de $0,042$ e $0,033 \text{ m.s}^{-1}$, respectivamente. Em trabalhos em cultivos de *Pinus taeda* no norte do Paraná, Batista (1995) obteve velocidades de propagação de $0,005$ e $0,009 \text{ m.s}^{-1}$ em queimas controladas contra e a favor do vento, respectivamente.

O tipo de incêndio em desenvolvimento também é um fator que atua diretamente na velocidade de propagação do fogo. Em terrenos planos e sem influência do vento, um incêndio subterrâneo pode se desenvolver a uma taxa de $0,014 \text{ m.s}^{-1}$, enquanto em incêndios de copa, o fogo pode se propagar a velocidades de $1,39$ a $2,78 \text{ m.s}^{-1}$, quando não maiores (JULIO; GIROZ, 1975).

3.4.2 Intensidade do fogo

De acordo com Byram (1959), a intensidade do fogo reflete a taxa de energia ou calor liberado por unidade de tempo e por unidade de comprimento da frente do

fogo. É uma variável obtida mediante o produto da quantidade disponível de combustível pelo seu potencial calorífero e pela velocidade de propagação do fogo, considerada um parâmetro útil em descrições do papel comportamental do fogo. Quando dividida diretamente pela taxa de propagação do fogo, permite a obtenção do calor liberado por unidade de área em um determinado ecossistema (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

Os resultados obtidos ao se efetuar o cálculo da intensidade do fogo são melhor compreendidos quando associados a certas características específicas em diferentes tipos de incêndios. Soares, Batista e Tetto (2017) afirmam que em plantações de eucalipto, a fim de se evitar danos ao cultivo durante uma queima controlada, a intensidade máxima deve ser próxima aos $83 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$. Em coníferas, observa-se que valores próximos a $132 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ são ainda toleráveis sem que se verifique danos significativos à vegetação, uma vez que estas plantas se apresentam mais resistentes ao fogo.

De maneira geral, ao serem ultrapassados valores de intensidade próximos aos $500 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$, torna-se muito difícil o combate ao fogo, uma vez que materiais acesos podem ser lançados a grandes distâncias devido à intensidade da atividade de fagulhamento. Para todos os efeitos, as organizações de combate ao fogo consideram que incêndios com intensidades superiores a $800 \text{ kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ podem ser altamente nocivos e identificados como incontroláveis (SOARES; BATISTA; TETTO, 2017).

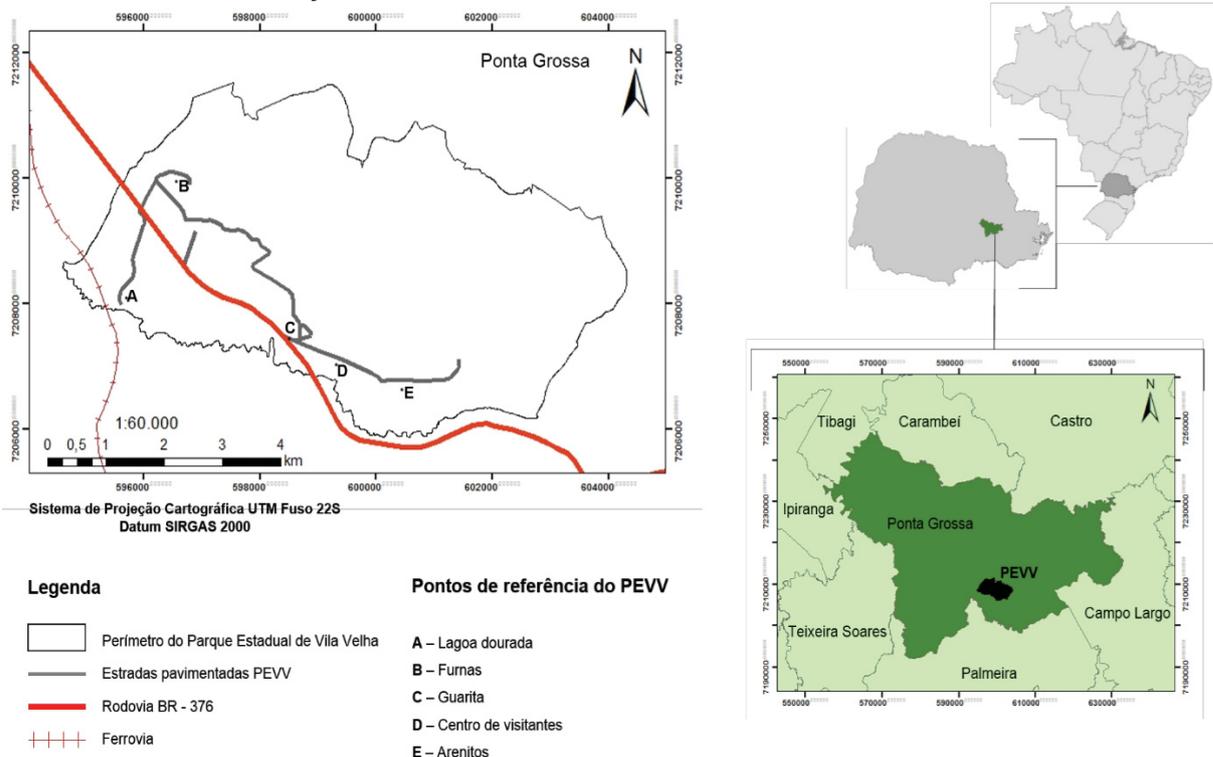
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 Localização

O Parque Estadual de Vila Velha (PEVV) está incluso na zona fitoecológica da Floresta Ombrófila Mista, apresentando predominantemente a estepe gramíneo-lenhosa com presença de matas de araucária, e está enquadrado no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000). Situado no município de Ponta Grossa, Paraná (FIGURA 1), totaliza uma área de 3.122,11 ha, entre as coordenadas 25° 12' 34" e 25° 15' 35" de latitude sul e 49° 58' 04" e 50° 03' 37" de longitude oeste, em uma altitude que varia de 800 a 1.068 m (SILVA, 2014). O Parque está localizado no segundo planalto paranaense na região dos Campos Gerais, às margens da rodovia BR-376, importante corredor viário que liga o norte do Paraná ao seu litoral, passando pela cidade de Curitiba, capital do estado (IAP, 2004), que se encontra a 80 km de distância.

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA

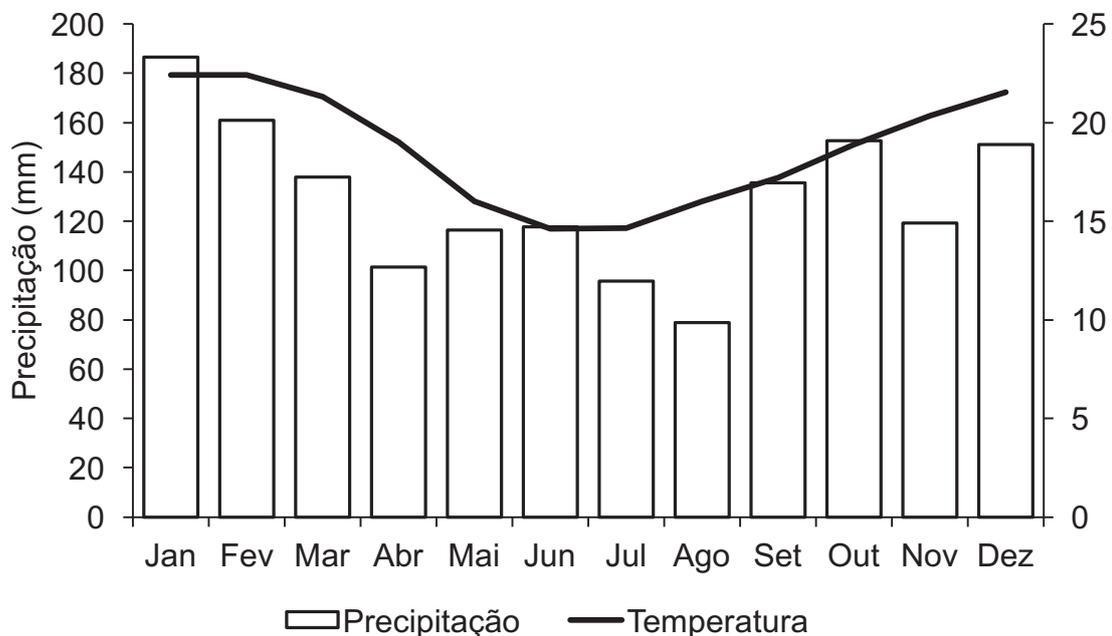


FONTE: KOVALSYKI (2016).

4.1.2 Clima

De acordo com a classificação de Koppen (1948), o clima no Parque Estadual de Vila Velha é do tipo Cfb, ou seja, temperado e úmido, sem estação seca definida. Tal umidade favorece uma elevada nebulosidade local, o que resulta em uma baixa insolação diária, não ultrapassando o período de 7 horas em média (CARAMORI, 2004). As médias históricas (2001 – 2016) de precipitação e temperatura mensal para o município de Ponta Grossa estão apresentadas na Figura 2.

FIGURA 2 – MÉDIAS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA PARA O MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA, NO PERÍODO DE 2001 A 2016



FONTE: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR, 2017).

O regime de chuvas do Parque é relativamente bem distribuído ao longo do ano, com um total anual médio de 1.554 mm de precipitação (SILVA, 2014). O mês de janeiro, com uma média de 168 mm de precipitação, é considerado o mais chuvoso, enquanto agosto, com precipitações médias de 78 mm, é o mais seco (CARAMORI, 2004).

Segundo Silva (2014), os meses de janeiro e fevereiro são considerados os mais quentes, com médias mensais de temperatura na faixa dos 21,4 °C. O mês mais frio é julho, com média mensal de 13,8 °C. As geadas concentram-se do quinto ao oitavo mês do ano, tendo em média valor superior a cinco ocorrências anuais (MELO,

2006). Fora deste período, nota-se uma maior exuberância da vegetação, uma vez que as geadas tendem a delimitar a estação de espécies sensíveis a temperaturas menos elevadas (IAP, 2004).

4.1.4 Solos

Nos compartimentos geopedológicos do Parque Estadual de Vila Velha foram identificadas diferentes classes de solo, sendo elas: Latossolos (Vermelho e Vermelho-Amarelos), Cambissolos (Húmicos e Háplicos), Gleissolos, Organossolos e Neossolos (Flúvicos e Quartzarênicos) (CURCIO *et al.*, 2004).

Em elevado estado de intemperismo e evoluídos, os Latossolos são solos bem estruturados, profundos, porosos e comumente bem drenados (SILVA, 2014). Dentro de suas subordens encontradas nos limites do parque, Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo, o primeiro destaca-se por apresentar textura argilosa quando originado por materiais parentais (folhelhos) Ponta Grossa, e textura média quando originário de folhelho com arenito (CURCIO *et al.*, 2004).

De acordo com dados da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) (2006), os Cambissolos são solos que variam de uma região para outra em função de fatores diversos, como as condições do clima, o formato do relevo e o material variado que o origina. Possuem textura média em suas duas subordens, tanto o Háplico quanto o Húmico (SILVA, 2014).

Segundo os mesmos autores, os solos Gleissolos são hidromórficos, estando permanente ou temporariamente saturados de água. São encontrados distribuídos nas regiões de planícies do Parque. Possuem horizonte hístico ou horizonte glei, devido à forte gleização decorrente do aspecto redutor do ambiente, relacionado à presença da água e com a atividade biótica local (EMBRAPA, 2006).

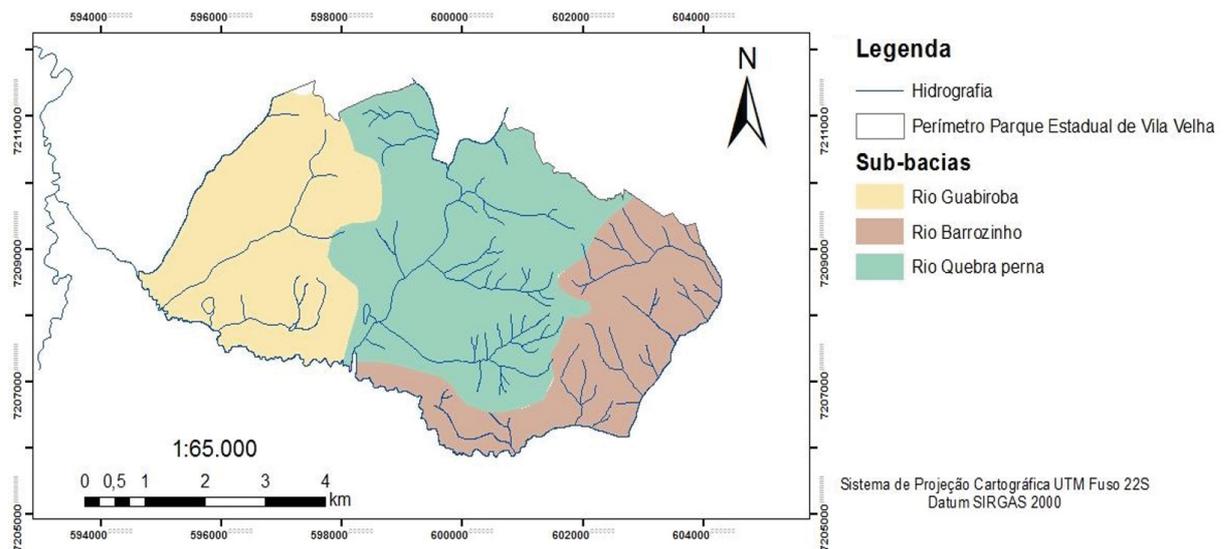
De acordo com o plano de manejo do IAP (2004), os Organossolos são formados por material orgânico, sendo os encontrados no Parque possuidores de teor de matéria orgânica de 0,2 a valores menores que 0,65 kg/kg de solo, com densidade do solo inferior a 0,65 mg/dm³. É a classe mais frágil dentre as demais, devido sua associação com as águas de superfície e seu potencial erosivo. Tais erosões permitem a identificação de sedimentos minerais em sua constituição, fato que afeta a depuração da água e participa na alteração da composição florística local.

Os Neossolos são geralmente rasos e de pouco desenvolvimento. Possuem formação recente, encontrado em condições de drenagem e relevo variadas (SEGER, 2015). Em suas variáveis, os Neossolos Quartzarênicos são solos minerais de composição arenosa, sendo estes, quando encontrados no parque, não hidromórficos e com espessura inferior a 120 cm. Já os Neossolos Flúvicos, encontrados nos diques marginais à região do rio Quebra-perna, possuem textura arenosa e média, hidromórficos ou não, sujeitos continuamente a processos de deposição fluvial (IAP, 2004).

4.1.5 Hidrografia

De acordo com o plano de manejo do IAP (2004), a rede de drenagem natural do Parque Vila Velha é formada pelos rios Barrozinho e Quebra – perna, onde na sub-bacia deste último localiza-se a área de estudo em questão. Esses dois rios formam, em sua confluência, o rio Guabiroba, cuja bacia abrange todos os divisores de água do Parque (FIGURA 3). Ainda, destacam-se na região do PEVV os arroios Capão Grande e o Córrego da Roça, além das lagoas Dourada e Tarumã.

FIGURA 3 – MAPA HIDROGRÁFICO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA



FONTE: ADAPTADO DO IAP (2004), ELABORADO POR KOVALSYKI (2016).

4.1.6 Vegetação

Considerado uma das mais importantes unidades de conservação dos Campos Gerais (MOREIRA; ROCHA, 2007), o Parque Estadual de Vila Velha apresenta as seguintes formações vegetais (FIGURA 4): formações pioneiras de influência fluvial (várzea), refúgios vegetacionais rupestres (campos rupestres), floresta ombrófila mista montana (floresta com araucária), floresta ombrófila mista aluvial (floresta ciliar), estepe *strictu sensu* (campo não hidromórfico) e estepe Higrófila (campo hidromórfico) (SILVA, 2014). A área de estudo, localizada ao norte da Unidade de Conservação (UC), está inserida na formação estepe *strictu sensu*.

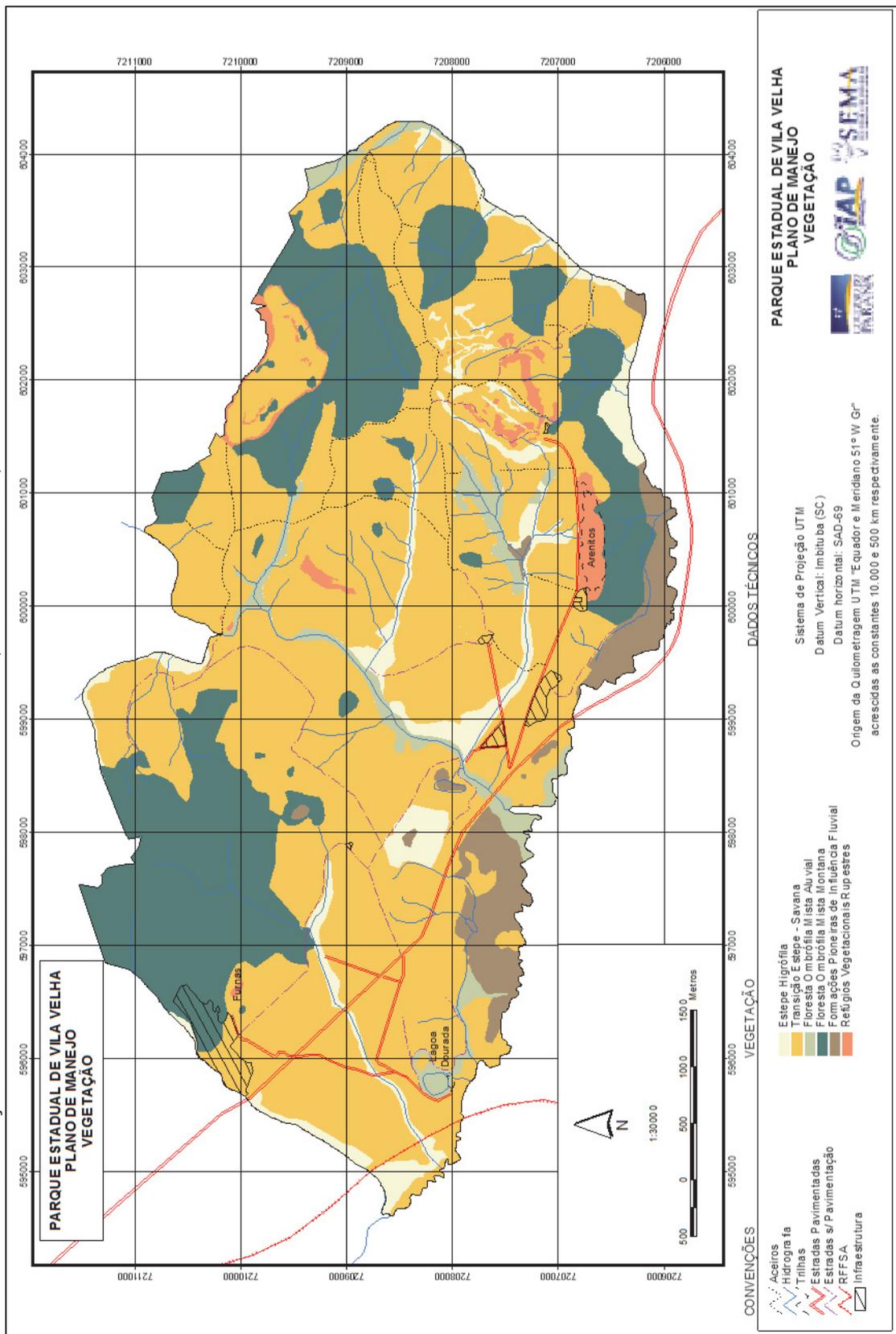
Durante a elaboração do plano de manejo do IAP (2004) foram estabelecidas pelas equipes de estudo faunístico e botânico 9 unidades de paisagem representadas em 16 sítios amostrais, todos dentro da unidade de conservação, conforme indicado na Tabela 2 e representado na Figura 5.

TABELA 2 – SÍTIOS E UNIDADES DE PAISAGEM UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DO PEVV

Denominação do sítio	Unidade de paisagem
Platô da fortaleza	Refúgio vegetacional rupestre
Campo seco	Estepe stricto sensu com savana parque
Floresta da fortaleza	Floresta ombrófila mista montana
Campo da igreja	Estepe stricto sensu savana
Represa	Formação pioneiras de influência fluvial
Várzea do rio Guabiroba	Formação pioneiras de influência fluvial
Capão dos arenitos	Floresta ombrófila mista montana
Arenitos	Refúgio vegetacional rupestre
Campo úmido	Estepe higrófila
Floresta de galeria rio Quebra - perna	Floresta ombrófila mista aluvial
Agricultura	Estágios iniciais de floresta ombrófila mista (capoeiras)
Cultura Florestal	Monocultura de arbóreas exóticas
Capão do Quebra - perna	Floresta ombrófila mista montana
Furnas	Refugio vegetacional rupestre/furnas
Lagoa Dourada	Ambiente límnico/Floresta ombrófila mista aluvial
Várzeas do rio Guabiroba - Lagoa Tarumã	Formações pioneiras de influencia fluvial

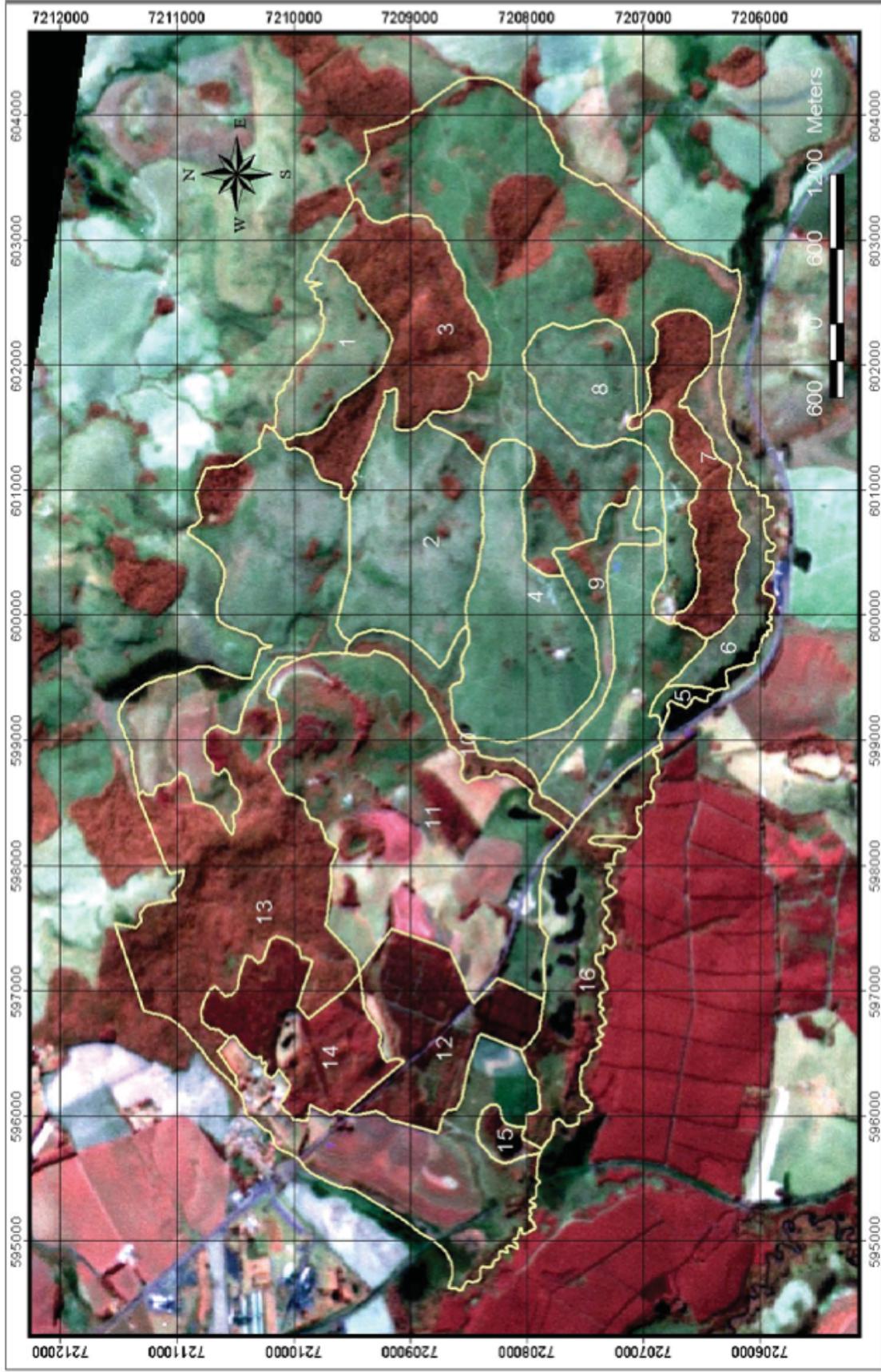
FONTE: IAP (2004), adaptado pelo autor (2018).

FIGURA 4 – VEGETAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA; PONTA GROSSA, PR



FONTE: IAP (2004).

FIGURA 5 – DIVISÕES DOS SÍTIOS AMOSTRAIS UTILIZADOS NO PLANO DE MANEJO



FONTE: IAP (2004).

De acordo com Cervi *et al.* (2007), a vegetação do PEVV é composta por 1.376 espécimes distribuídas em 125 famílias e 515 gêneros botânicos. As cinco famílias com maior variedade de espécies são: Asteraceae (208 sp.), Poaceae (146 sp.), Leguminosae (108 sp.), Orchidaceae (85 sp.) e Myrtaceae (51 sp.). Destas, ao se considerar a área de estudo, a família Poaceae mostrou-se a mais representativa. Ainda, famílias como Cyperaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae e Melastomataceae também se mostram bem representadas dentro da área da unidade de conservação. Os mesmos autores apontam que a quantidade de *taxa* na UC corresponde a 976 táxons para o ambiente de savana, 346 para o ambiente florestal, 9 para os ambientes aquáticos e ainda, 50 consideradas indiferentes aos ambientes. Tais dados corroboram com o posicionamento da região do Campos Gerais entre um dos pontos de biodiversidade encontrados no sul das Américas, além de desmistificar as suposições que indicam a baixa diversidade de plantas herbáceas localizadas nesta mesma região.

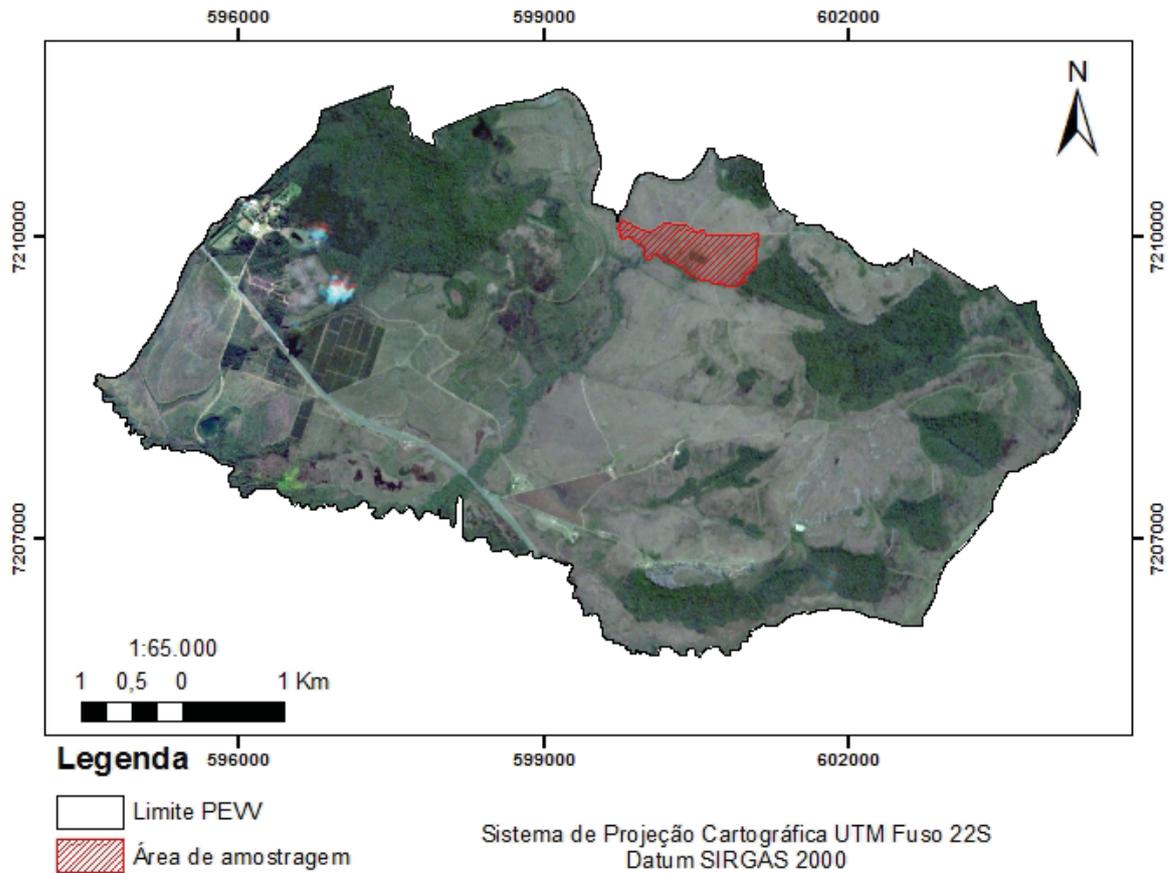
4.2 OBTENÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

4.2.1 Definição de pontos de amostragem de material

As técnicas de amostragem adotadas para a realização do estudo, no que se refere à coleta e classificação do material, tiveram como base pesquisas realizadas por diferentes autores: Brown, Oberheu e Johnston (1982), Soares (1979), Batista (1984), Scheider e Bell (1985), Souza, Soares e Batista (2003), Beutling *et al.* (2005), Beutling *et al.* (2012) e Seger (2015).

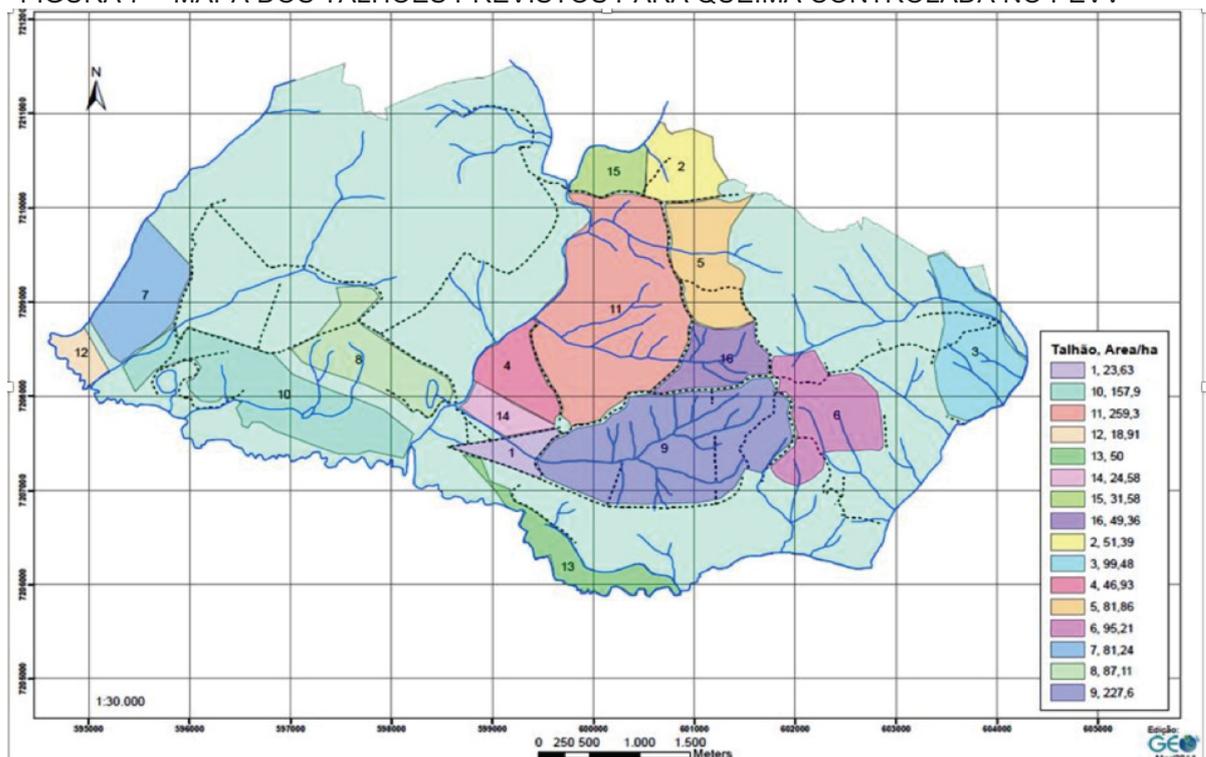
O estudo foi realizado em duas áreas de aproximadamente 342 ha totalizados dentro dos limites do PEVV (FIGURA 6), identificadas como “talhão 5” e “talhão 11”, de acordo com o mapa da Figura 7 (IAP, 2004). Tais áreas correspondem à parte de um projeto interno que utiliza o fogo controlado com o intuito de restaurar a vegetação dentro de seus limites, suprimindo algumas espécies exóticas invasoras.

FIGURA 6 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE AMOSTRAGEM NO INTERIOR DO PEVV



FONTE: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA (2014); IAP (2004), elaborado pelo autor (2018).

FIGURA 7 – MAPA DOS TALHÕES PREVISTOS PARA QUEIMA CONTROLADA NO PEVV



FONTE: MARANHO (2014).

Os pontos de coleta foram demarcados com estacas de madeira pintadas em azul (FIGURA 8), o que facilitou, ao longo dos trabalhos, suas identificações. Durante o procedimento foi utilizada a localização sistemática recomendada por Brown, Oberheu e Johnston (1982), que possibilita uma amostragem uniforme do material combustível em uma determinada área. Outros autores, como Anne *et al.* (2009), Bilgili e Kuçuk (2009), Reiner, Tausch e Walker (2010), Seger (2015) também adotaram esta metodologia, que serviu como referência para comparação dos dados obtidos.

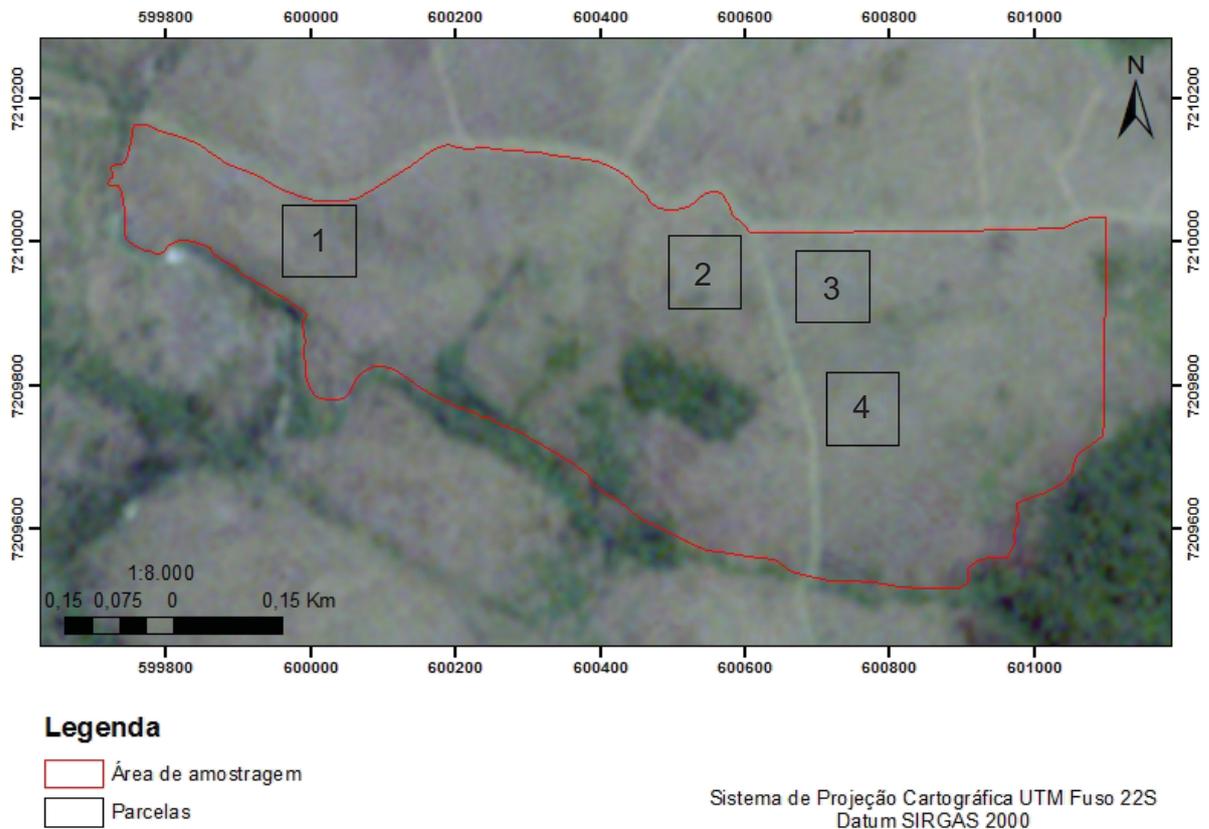
FIGURA 8 – ESTACA DE MADEIRA DEMARCANDO O PONTO DE AMOSTRAGEM



FONTE: O autor (2018).

Segundo Brown, Oberheu e Johnston (1982), em áreas de até 20 ha, para se fazer a estimativa da carga do material combustível de uma determinada vegetação, deve-se medir de 15 a 20 amostras. Em áreas maiores é conveniente a implantação de mais de 20 pontos de amostragem, levando-se em conta a ocorrência de um erro amostral em torno de 20%. Assim, para este trabalho, as amostragens foram realizadas em 36 pontos, distribuídos em 4 parcelas de 100 x 100m cada, sendo duas parcelas por talhão (FIGURA 9). Duas parcelas foram alocadas em uma área onde não ocorria queima da vegetação a mais de 5 anos (talhão 5) e outras duas em uma área onde no ano de 2012 houve a ocorrência de incêndio (talhão 11). Os pontos foram localizados a uma distância de 50 m um do outro, totalizando assim 9 pontos para cada parcela, ou 18 pontos por talhão. Após a análise estatística preliminar verificou-se que esta quantidade de pontos se mostrou suficiente para o prosseguimento às próximas etapas do estudo proposto.

FIGURA 9 – CROQUI DA ÁREA COM INDICAÇÃO DAS QUATRO PARCELAS DE COLETA



FONTE: MMA (2014); SEGER (2016), elaborado pelo autor (2018).

4.2.2 Coleta de material

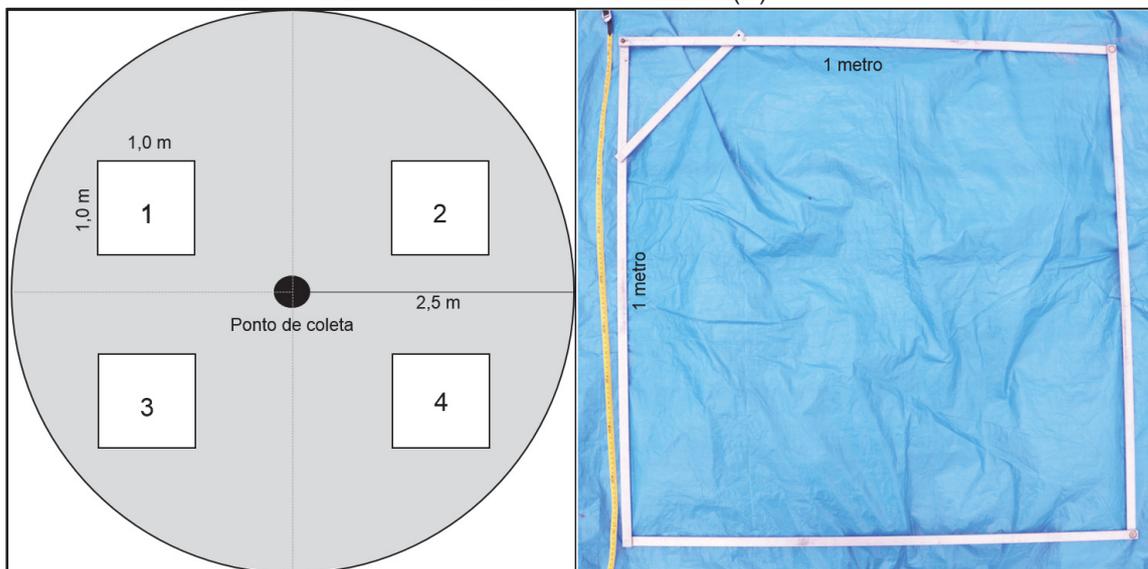
As coletas de material foram realizadas nos meses de março, junho e outubro de 2016, utilizando-se da técnica da “amostragem destrutiva” de parcelas. Esta é usada tradicionalmente em trabalhos que envolvem o levantamento de material combustível, conforme indicado por vários autores, como: Beutling *et al.* (2005), Soares, Batista e Tetto (2017); Gould, Mccaw e Cheney (2011) e Beutling *et al.* (2012). É denominada “destrutiva” pelo fato de todo o material envolto pela moldura metálica ser retirado para a análise e classificação.

Os materiais foram separados e divididos em “material combustível vivo (verde)” e “material combustível morto (seco)” e, com base em estudos realizados por Seger (2015), optou-se por analisar as amostras com classes diamétricas inferior ou igual a 0,7 cm, tendo em vista ser esta uma classe importante em termos de ocorrência e propagação de incêndios. Assim, foram consideradas para a análise as seguintes classes:

- a) material vivo com diâmetro menor ou igual a 0,7 cm;
- b) material morto com diâmetro menor ou igual a 0,7 cm;
- c) miscelânea.

As coletas foram realizadas em uma área circular de raio de 2,5 m ao redor da estaca utilizada para a demarcação do ponto. Para a retirada do material, foi utilizado facão e tesoura de poda, além do uso de uma moldura metálica com área de 1 m², que é de uso comum em trabalhos desta natureza (FIGURA 10).

FIGURA 10 – CROQUI DA ÁREA DE COLETA AO REDOR DO PONTO DE AMOSTRAGEM (A) E MOLDURA DE 1 m² UTILIZADA NA COLETA (B)



FONTE: O autor (2018).

O equipamento de coleta (moldura) foi depositado rente ao solo (FIGURA 11A), retirando-se de seu interior todo o material combustível (FIGURA 11B). O material retirado foi acomodado sobre uma lona plástica e separado de forma que atendesse à classificação proposta (FIGURA 11C). Na sequência, foi obtida a massa do material fresco ainda em campo, com o auxílio de um dinamômetro graduado em gramas, com capacidade máxima de 2.500 g e com precisão de 20 g (FIGURA 11D).

FIGURA 11 – SEQUÊNCIA DA COLETA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL: DEPOSIÇÃO DA MOLDURA METÁLICA (A); CORTE E RETIRADA DO MATERIAL (B); SEPARAÇÃO EM CLASSES (C) E DETERMINAÇÃO DA MASSA DO MATERIAL FRESCO (D)



FONTE: O autor (2018).

Para a classe “miscelânea” (FIGURA 12), foi coletado todo o material que ainda poderia apresentar um potencial de queima. Fez parte desta classe tanto o material que se encontrava na superfície rente ao solo, formando uma manta de material morto, como também aquele que se colocava em certo grau incorporado a ele. Na sequência, esta miscelânea foi acomodada em sacos plásticos para que se fizesse, posteriormente, a determinação de sua massa.

FIGURA 12 – MATERIAL DA CLASSE MISCELÂNIA



FONTE: O autor (2018).

Após a obtenção dos resultados da análise de variância da carga dos materiais combustíveis por tipo de combustível, foi calculado o número necessário de amostras, conforme sugerido por Batista (1990) e Seger (2015), aplicando o método sequencial de Stein, de acordo com a seguinte equação:

$$N = \left(\frac{t^2 * s^2}{E^2} \right)$$

Em que:

N = número de amostras;

t^2 = valor de t da tabela de Student;

s^2 = variância;

E^2 = erro amostral (com limite de 15%).

4.2.3 Determinação da carga de material combustível herbáceo

Posteriormente aos trabalhos para a obtenção da massa do material verde em campo, foram retiradas sub-amostras do material obtido em todos os pontos de coleta, com objetivo em se determinar a massa seca deste material. Tais sub-amostras foram levadas ao Laboratório de Incêndios Florestais da UFPR e, após obtenção de suas massas (FIGURA 13A), colocadas em estufas elétricas (FIGURA 13B), devidamente acondicionadas em embalagens próprias para o procedimento, em temperatura constante de 75 °C por um período de 48 horas. Após a secagem, foram obtidos os valores referentes à massa seca do material coletado, utilizando balanças com capacidade de 2.600 g e precisão de 1 g (FIGURA 13C).

FIGURA 13 – SEQUÊNCIA DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DA MASSA DE MATERIAL SECO: DETERMINAÇÃO DA MASSA DA SUBAMOSTRA DE MATERIAL FRESCO (A), SECAGEM EM ESTUFA (B) E DETERMINAÇÃO DA MASSA DO MATERIAL SECO (C)



FONTE:O autor (2018).

Posteriormente determinou-se o teor de umidade deste material, utilizando a equação proposta por Soares, Batista e Tetto (2017):

$$U\% = \left(\frac{M_f - M_s}{M_s} \right) * 100$$

Em que:

U% = teor de umidade do material combustível, em %;

M_f = massa do material fresco no momento da coleta, em gramas;

M_s = massa do material combustível seco em estufa, em gramas.

Com o conhecimento do teor de umidade apresentado pelas sub-amostras, realizou-se o cálculo para se determinar a massa total do material coletado para todas as classes em cada ponto da amostragem. Assim, somando-se as massas destas classes, pode-se determinar a carga do material combustível para cada um dos 36 pontos utilizados e, somando-se a carga dos pontos, obteve-se então a quantidade de material combustível para a área analisada em gramas por metro quadrado (g.m⁻²). Posteriormente, obteve-se a quantidade deste material em quilograma por hectare (kg.ha⁻¹), seguido por fim de sua conversão para toneladas por hectare (ton.ha⁻¹).

Conforme recomendado por Seger (2015), os dados obtidos foram compilados em planilhas digitais dos *softwares* Microsoft Office Word e Excel 2007. A análise estatística foi processada pelo *software* Statgraphics Centurion XV. Os testes estatísticos utilizados na análise e na comparação dos valores obtidos foram: análise de variância, teste de comparação de médias Student-Newman-Keuls e o teste de comparação de diferenças de médias de Student (teste “t”).

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 QUANTIFICAÇÃO PRELIMINAR DO MATERIAL COMBUSTÍVEL

Na Tabela 3 são indicados os valores das cargas médias do material combustível herbáceo por classe de diâmetro, referente à primeira fase de coleta (março/2016), assim como seus respectivos percentuais em relação à carga total de combustível.

TABELA 3 – CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL FINO INICIALMENTE PREVISTAS PARA ANÁLISE

Classe	Carga (ton.ha⁻¹) média dos talhões	Percentual (%) em relação à carga total
Material vivo	2,312	17,7
Material morto	6,998	53,61
Miscelânea	3,743	28,67
Total	13,053	100

FONTE: O autor (2018).

As cargas em toneladas de material seco, assim como o percentual de umidade das classes de material para todas as coletas nos 36 pontos, estão apresentadas no Apêndice.

5.2 INTENSIDADE DE AMOSTRAGEM

A Tabela 4 apresenta os valores de intensidade de amostragem (N) necessária para as classes propostas neste trabalho, tendo como base as cargas obtidas nas coletas da etapa inicial de análise.

TABELA 4 – CÁLCULO DA SUFICIÊNCIA DE AMOSTRAGEM (N) PARA AS CLASSES DE MATERIAIS COMBUSTÍVEIS HERBÁCEOS ANALISADOS

Cálculo de N para as coletas de junho/2016 (outono)							
Classes	Descrição	Média	Desvio	Variância (s ²)	t ²	E ²	N
1	Material vivo	141,0200	69,4630	4825,1060	1,7062	447,4494	18,3985
2	Material morto	668,4900	334,8893	112150,8445	1,7062	10054,7748	19,0305
3	Miscelânea	430,2100	134,5274	18097,6210	1,7062	4164,3145	7,4148
4	Carga total	1239,8100	444,4618	197546,3000	1,7062	34585,3988	9,7453
Cálculo de N para as coletas de outubro/2016 (primavera)							
Classes	Descrição	Média	Desvio	Variância (s ²)	t ²	E ²	N
1	Material vivo	137,9100	68,4737	4688,6511	1,7062	427,9313	18,6936
2	Material morto	685,5300	367,7926	135271,3689	1,7062	10573,9061	21,8268
3	Miscelânea	429,4400	125,7067	15802,1670	1,7062	4149,4211	6,4975
4	Carga total	1257,4900	440,9564	194442,5000	1,7062	35578,8248	9,3244
Cálculo de N para as coletas de março/2016 (verão)							
Classes	Descrição	Média	Desvio	Variância (s ²)	t ²	E ²	N
1	Material vivo	231,2900	75,2247	5658,7583	1,7062	1203,6389	8,0213
2	Material morto	699,8600	250,0462	62523,0843	1,7062	11020,5904	9,6795
3	Miscelânea	374,7000	167,0498	27905,6500	1,7062	3159,0020	15,0717
4	Carga total	1305,8400	426,5548	181949,0000	1,7062	38367,4074	8,0911

FONTE: O autor (2018).

Observou-se que o número de pontos se mostrou suficiente para atingir a precisão de amostragem prevista, tendo como base os resultados indicados na coluna “N”. Assim, os 36 pontos utilizados neste trabalho foram suficientes para o cálculo da carga do material combustível para as classes de diâmetro propostas dentro da área de estudo.

5.3 QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO FINO

As médias obtidas para a carga do material combustível herbáceo fino, em toneladas por hectare, para as quatro coletas por estações do ano, estão representadas na Tabela 5.

TABELA 5 – CARGA MÉDIA (ton.ha⁻¹) E COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO

Coleta	Material vivo (ton.ha ⁻¹)	Material morto (ton.ha ⁻¹)	Miscelânea (ton.ha ⁻¹)	Total de material combustível (ton.ha ⁻¹)
Março	2,318 a	6,998 a	3,747 a	13,063 a
Junho	1,410 b	6,682 a	4,302 a	12,393 a
Outubro	1,379 b	6,855 a	4,294 a	12,529 a
Média	1,702	6,845	4,114	12,661

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK, considerando-se o nível de significância de 5%.

FONTE: O autor (2018).

A média da carga total de material combustível fino das coletas realizadas nas quatro estações do ano foi de 12,66 ton.ha⁻¹. Deste total, 8,547 ton.ha⁻¹ (67,5%) correspondeu ao material vivo e morto, com o restante (32,5%) representado pela miscelânea. Observou-se diferença estatística significativa para o verão em relação as demais estações, sendo que material morto e miscelânea não apresentaram diferença estatística entre as estações.

De acordo com vários estudos realizados em regiões de campos, considerando os casos de estepes e savanas, o valor de carga de material combustível obtido nesta pesquisa está dentro da faixa de valores geralmente observados. Um revisão de literatura apontou valores de carga de material combustível compreendidos de 4,90 a 13,8 ton.ha⁻¹ para este tipo de vegetação em vários países. Entre eles, em um estudo realizado por Seger (2015) em uma RPPN próxima à unidade de conservação objeto deste trabalho, foi obtido o valor de 10,987 ton.ha⁻¹ para a totalidade do material combustível fino.

Também na região sul do Brasil, Fidelis *et al.* (2010) obtiveram, em uma área de campos alterados nas proximidades de Porto Alegre, valores para carga de material combustível fino variando de 2,70 a 10,10 ton.ha⁻¹, ambos inferiores ao encontrado neste estudo. Porém, um trabalho realizado na região de Cerrado por Ottmar *et al.* (2001), em duas áreas de campos limpos com menos de 5 anos sem a passagem do fogo, encontrou valores de 14,65 e 16,33 ton.ha⁻¹, ambos suplantando os obtidos nesta pesquisa. Estes autores, ainda em áreas pertencentes à este mesmo bioma, mas com apenas dois anos sem a presença de queima, obtiveram o valor de 11,59 ton.ha⁻¹ para a mesma classe de combustível, mostrando que a presença do fogo em épocas anteriores pode interferir na carga do material combustível, mesmo quando se trata da mesma região fitogeográfica.

A carga de material combustível obtida neste estudo se mostrou superior à de outros trabalhos realizados no país. Em alguns casos, os valores obtidos ficaram próximos à metade das 12,66 ton.ha⁻¹ médias obtidas nesta pesquisa, como ocorreu em um levantamento realizado por Pivello e Coutinho (1992) em uma vegetação de Cerrado no estado de São Paulo, com valor médio de carga de 6,30 ton.ha⁻¹, assim como também um trabalho realizado por Castro (1995), que em um de seus estudos obteve o valor de 5,54 ton.ha⁻¹ na área da Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Em outros países das américas, ao considerar trabalhos realizados nas

pradarias norte americanas e nos chacos argentinos, foi encontrado cargas de material combustível com valores aproximados entre si e, ainda, bem abaixo dos obtidos neste estudo. Nos Estados Unidos, Bidwell, Engle e Claypool (1990) encontraram valores médios de 2,97 a 4,16 ton.ha⁻¹ e em outro trabalho, Bidwell e Engle (1991) encontraram uma carga para o material combustível de 3,57 ton.ha⁻¹. Já na Argentina, na região dos Chaco, Kunst *et al.* (2012) encontraram para o material fino valores de carga de 2,89 e 6,32 ton.ha⁻¹ em duas áreas distintas em experimentos que envolveram a dinâmica do fogo.

5.4 REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DO MATERIAL HERBÁCEO

Na Tabela 6 estão indicados os resultados obtidos para as classes de material vivo, morto e miscelânea.

TABELA 6 – REPRESENTATIVIDADE MÉDIA DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO FINO NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO

Coleta/estação	Material vivo (%)	Material morto (%)	Miscelânea (%)
Março	18,300 a	53,711 a	27,989 b
Junho	11,357 b	52,065 a	36,592 a
Outubro	11,056 b	52,361 a	36,583 a

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK, considerando-se o nível de significância de 5%.

FONTE: O autor (2018).

A análise dos dados percentuais mostrados na Tabela 6 correspondem a valores próximos entre as médias percentuais do material combustível morto observadas nos meses de coleta. No entanto, ao se observar os valores percentuais médios para o material vivo, diferenças estatísticas significativas foram identificadas ao se comparar o mês de março, onde as coletas foram realizadas ainda no verão, com os demais meses de coleta.

No mês de junho, onde se observa um baixo índice pluviométrico típico da estação, como também a suscetibilidade a geadas, foi registrado um valor percentual de material combustível vivo de 11,35% da carga total. Em outubro, com as coletas realizadas no início da primavera, o valor percentual de material vivo foi de 11,05%, o menor das três coletas.

No mês de março, com o aumento das temperaturas e com maiores incidências de chuvas, observou-se o maior valor percentual para carga de material combustível vivo, com 18,30% do valor total. No entanto, para as três coletas (março, junho e

outubro), os valores obtidos para o material vivo ficaram bem abaixo dos percentuais para material combustível morto, que se mostraram na ordem de 53,71, 52,06 e 53,01%, respectivamente. Tais dados vão de encontro ao exposto por Seger (2015), que afirma que a produção de alimentos frescos e nutritivos aos animais, caso a vegetação de estepe seja utilizada para fins produtivos, como a pecuária, apenas será satisfatória após o uso periódico de diferentes técnicas de manejo.

Na classe miscelânea, o menor valor percentual encontrado foi para a estação de verão, com 27,98% do total de material combustível. Para as demais estações, com valores de material vivo inferiores ao do período mais quente do ano, os números percentuais para miscelânea tenderam a um pequeno aumento, o que permite estabelecer uma relação de comparação entre a queda do material vivo e o aumento desta classe e vice versa.

Nas três coletas, o percentual de material combustível morto se mostrou maior que o do material vivo. Em todas elas, os valores suplantaram a faixa dos 50% da carga total e, quando adicionadas aos valores da classe miscelânea, representaram mais de 80% da carga do material total em todas as estações. O elevado valor percentual de material morto, considerando o baixo percentual de umidade nesta classe, reflete o quanto a unidade de conservação objeto deste estudo se coloca em uma situação crítica para a ocorrência de incêndios, em especial nos meses de temperatura mais baixas, quando as precipitações pluviométricas são inferiores às das demais estações.

5.5 TEOR DE UMIDADE

Os valores obtidos de teor de umidade para as classes de material combustível fino estão apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 – TEOR DE UMIDADE DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL HERBÁCEO

Descrição	Teor de umidade (%)		
	Junho	Outubro	Março
Material vivo	99,156 a	97,579 a	109,557 a
Material morto	27,589 b	27,509 b	45,733 a
Miscelânea	23,239 b	27,730 b	45,834 a

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK, considerando-se o nível de significância de 5%.

FONTE: O autor (2018).

Observa-se na tabela 8 uma diferença estatística significativa para as classes de material morto e miscelânea entre o mês de março e as outras duas coletas. Para o material vivo, os valores obtidos se mostraram próximos ao se comparar os meses de realização do estudo.

Os valores observados para as três classes no mês de março, os quais se mostraram maiores quando comparado aos demais, provavelmente foram influenciados pelas variáveis meteorológicas locais, especialmente pelas chuvas. De acordo com o IAP (2004), no mês de janeiro, o mais chuvoso do ano e próximo ao primeiro período de coleta, a média de precipitação foi de 168 mm. Estas condições fazem com que neste período o perigo de incêndio, baseado apenas na umidade do combustível, decresça, elevando-se gradativamente para as demais estações.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo, pode-se concluir que:

Os valores da carga de material combustível do estrato herbáceo obtidos no Parque Estadual de Vila Velha foi compatível com o encontrado para a vegetação de estepe em diferentes países.

A somatória das médias das classes de material morto em pé e miscelânea atingiu aproximadamente 88% da carga total de combustível do estrato herbáceo.

A relação entre material vivo e morto variou ao longo das diferentes estações do ano, sendo os valores do material morto sempre maior.

O teor de umidade do material vivo nas três coletas manteve-se praticamente constante em face ao seu estado fisiológico, enquanto que o material morto e a miscelânea sofreram alterações influenciadas pelas variáveis meteorológicas.

As características do material combustível analisado indicaram grande potencial para a ocorrência e propagação de incêndios florestais.

REFERÊNCIAS

- AHLGREN, I. F.; AHLGREN, C. E. Ecological effects of forest fires. **The Botanical Review**, New York, n. 26, p. 483 – 533, 1960.
- ANNE, G.; MARIELLE, J.; LAMPIN-MAILLET, C.; THOMAS, C. LAURENT, B. Fuel characterization and effects of wildlife recurrence on vegetation structure on limestone soils in southeastern France. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, p. 515 - 523, 2009.
- ARAÚJO, H. J. B.; OLIVEIRA, L. C; VASCONCELOS, S. S.; CORREIA, M. F. Danos provocados pelo fogo sobre a vegetação natural em floresta primária no estado do Acre, Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 297 – 308, abr./jun., 2013.
- BATISTA, A. C. **Determinação de umidade do material combustível sob povoamento de *Pinus taeda* L.** 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.
- BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa universitária da UFRPE, 1990, 115 p.
- BATISTA, A. C. **Avaliação da queima controlada em povoamentos de *Pinus taeda* L. no norte do Paraná.** 102 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 1995.
- BATISTA, A. C.; BEUTLING, A; PEREIRA, J. F. Estimativa do comportamento do fogo em queimas experimentais sob povoamento de *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 37, n. 5, p. 779 – 787, 2013.
- BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; VITORINA, M. D. Quantificação de material combustível superficial em reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 3, p. 465 - 472, 2005.
- BEUTLING, A. **Modelagem do comportamento do fogo com base em experimentos laboratoriais e de campo.** 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; STOLLE, L.; TETTO, A. F.; ALVES, M. V. G. Caracterização e modelagem de material combustível superficial em povoamentos de *Pinus elliottii*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p. 443 - 452, 2012.
- BIDWELL, T. G.; ENGLE, D. M.; CLAYPOOL, P. L. Effects of spring headfires and backfires on tallgrass prairie. **Journal of Range Management**, Phoenix – USA, v. 43, n. 3, p. 209 – 212, 1990.
- BIDWELL, T. G.; ENGLE, D. M. Behavior of headfires and backfires on tallgrass Prairie. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FIRE AND ENVIROMENT: Ecological

and cultural perspectives, 1991, Knoxville. **Proceedings...** Asheville: USDA Forest Service, 1991, p. 344 – 350 (General Technical Report SE-69).

BILGILI, E.; KUÇUK, O. Estimating above-ground fuel biomass in young calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) **Energy & Fuels**, Washington, v. 23, p. 1797 - 1800, 2009.

BOTELHO, H. S.; VENTURA, J. Modelos de comportamento do fogo. In: REGO, F. C.; BOTELHO, H. S. (Ed.). **A técnica do fogo controlado**. Portugal: Universidade de Trás – os – Montes e Alto Douro, 1990. p. 49 – 55.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em: 25 jul 2015.

BROWN, J. K.; OBERHEU, R. D.; JOHNSTON, C. M. **Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior west**. US Department of Agriculture – Forest Service, 1982.

BYRAM, G. M. Combustion of forest fuels. In: DAVIS, K. P. (Ed.). **Forest fire: control and use**. New York: Mc Graw Hill, p. 77 - 84, 1959.

CARAMORI, P. H. Climatologia. In: **Plano de manejo Parque Estadual de Vila Velha**. Curitiba: IAP – Instituto Ambiental do Paraná, SEMA – Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. p. 136 – 174, 2004.

CARVALHO, J. A.; MCQUAY, M. Q. **Princípios de combustão aplicada**. Editora da UFSC, 176 p., 2007.

CASTRO, E. A. de. **Biomass, nutrient pools and response to fire in the brazilian cerrado**. 118 f. Tese (Doutorado) – Oregon State University, Portland - USA, 1995.

CERVI, A. C.; LINSINGEN, L. V.; HATSCHBACH, G.; RIBAS, O. S. A vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Bol.Mus.Bot. Mun.** Curitiba, v. 69, p.1 – 52, 2007.

CHENEY, P.; SULLIVAN, A. **Grassfires: fuel, weather and fire behaviour**. 2. ed. CSIRO, 2008. 160 p.

CONTRERAS, I. E.; CERVANTES, E. R. A. Evaluación de combustibles forestales en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo. Ecología y biodiversidad, claves de la prevención. Evaluación de combustibles forestales. **Wildfire**, Sevilla, p. 1 – 17, 2007.

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Efeitos do fogo sobre a vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de cerrado. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 30, p. 149 - 165, 2015.

CRANE, W. J. B. Fire in the australian environment. In: FIRE IN THE ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 1972, Denver. **Proceedings...** Washington, DC: U.S. Forest Service. 1972, 151 p.

CURCIO, G. R.; PIRES, D. R. J.; BOGNOLLA, I. A. Solos. In: **Plano de manejo parque Estadual de Vila Velha**. Curitiba: IAP – Instituto Ambiental do Paraná, SEMA – Secretaria do Estado e do meio Ambiente e Recursos Hídricos. 2004, p. 136 - 174.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FERNANDES, P. M. Fire spread prediction in shrub fuels in Portugal. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 144, p. 67 - 74, 2001.

FIDELIS, A.; DELGADO-CARTAY, M. D.; BLANCO, C. C.; MÜLLER, C. S.; PILLAR, V. D.; PFADENHAUER, J. Fire intensity and severity in brazilian campos grassland. **Interciencia**, Caracas, v. 35, n. 10, p. 739 - 745, 2010.

FIDELIS, A.; PIVELLO, V. R. Deve-se usar o fogo como instrumento de manejo no cerrado e campos sulinos? **Biodiversidade brasileira**, ano 1, n. 2, p. 12 - 25, 2011.

FONSECA, R. S. **Iluminação elétrica**. São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda., 1972.

FOSBERG, M. A.; LANCASTER, J. W.; SCHROEDER, M. J. Fuel moisture response – drying relationships under standar and field conditions. **Forest Science**, Bethesda – USA, v. 16, p. 121 - 128, 1970.

FROST, P. G. H. The responses and survival of organisms in fire-prone environments. In: BOOYSEN, P. de V.; TANTON, N. M. **Ecological effects of fire in South African ecosystems**. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 1984. p. 274 – 309.

FURST, H.; SILVA, R. P.; FERNANDES, G. W.; GALUPPO, L. Z.; MACHADO, I. C. A.; VILLAR, P.; NEGREIROS, D. Rebrotamento pós-fogo em arbusto ameaçado e microendêmico dos campos rupestres da Serra do Cipó, sudeste do Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**. v. 12, n. 2, p. 142 – 149, 2017.

GABRIELSON, I. N. Forest of fire and wildfire. **Four L Lumber News**, Portland, v. 10, n. 13, p. 32, 1978.

GOULD, J. S.; MCCAW, L.; CHENEY, N. P. Quantifying fine fuel dynamics and structure in dry eucalypt forest (*Eucalyptus marginata*) in Western Australia for fire management. **Fuel and Energy Abstracts**, v. 262, n. 3, p. 531 – 546, 2011.

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, ecosystems and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum**, v. 22, n. 4, p. 78 - 87, 2005. Disponível em: <<http://www.georgewright.org/224hardesty.pdf>>. Acesso em: 30 de jul. 2015.

HÉMERY, D.; BEBIER, J. C.; DELÉAGE, J. P. **Uma história da energia**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Plano de manejo do Parque Estadual de Vila Velha**, Curitiba, 2004. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Plano_de_Manejo/PE_VilaVelha/PEVV_encarte3a.pdf>. Acesso em: 15/01/2016.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Médias históricas em estações do IAPAR**. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Ponta_Grossa.htm>. Acesso em: 20/11/2017.

JULIO, G. Comportamiento del fuego: modelos de simulacion y su uso en actividades de combate. In: REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA FUPEF/SIF/ IPEF, 4., 1996, Curitiba; CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 2., 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1996. p.1117-1129.

JULIO, G; GIROZ, G. Notas sobre el comportamiento del fuego y su aplicación en el control de incendios forestales. **Bosque**, Valdivia, v.1, n.1, p 18-27, 1975.

KAYLL, A. J. **A technique for studying the fire tolerance of living trunks**. Canada: Dept. of Forestry, 1963. 22 p. (Publication, n. 1012)

KILGORE, B. M. The ecological role of fire in Sierran conifer forests: Its application to National Park management. **Quaternary research**, Washington, v. 3, n. 3, p. 496 – 513, out. 1973.

KOPPEN, W. **Climatologia**. Cidade do México: Fundo de Cultura Econômica, 1948.

KOPROSKI, L. P. **O fogo e seus efeitos sobre o herpeto e a mastofauna terrestre no Parque Nacional de Ilha Grande (PR/MS), Brasil**. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

KOPROSKI, L. Efeitos do fogo sobre répteis e mamíferos. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba, p. 133-156, 2009.

KOPROSKI, L. **Risco de incêndio e suas correlações com a diversidade biológica no Parque Estadual do Cerrado (Paraná, Brasil)**. 226 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

KOVALSYKI, B. **Zonamento de risco de incêndios florestais para o Parque Estadual de Vila velha e seu entorno**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

KOWAL, N. E. Shifting cultivation, fire, and pine forest in the Cordillera Central, Luzon, Philippines. **Ecological Monographs**, n. 36, p. 389 – 419, 1966.

KUNST, C.; LEDESMA, R.; BRAVO, S.; DEFOSSÉ, G.; GODOY, J.; NAVARRETE, V. Fire behavior in an ecotonal grassland of the Chaco region, Argentina. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**, Buenos Aires, v. 38, n.1, p. 70 – 77, 2012.

LENTILE, L. B. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. **International Journal of Wildland Fire**, v.15, p.319-345, 2006.

MARANHO, L. T. **Restauração dos ecossistemas de campos no Parque Estadual de Vila Velha (PEVV), PR, Brasil: manejo com fogo controlado**. Curitiba: Universidade Positivo, 2014. 12 p. (IAP – Pesquisas científicas em unidades de conservação – 029/14). Projeto em andamento.

MCARTHUR, A. G. **Control burning in eucalypt forest**. Canberra: Forestry and Timber Bureau, 1962. 33 p. (Leaflet, n. 80).

MELO, M. S. **Formas rochosas do Parque Estadual de Vila Velha**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2006.154 p.

MICHAELIS, C. The effects of fire on a hardwood plantation. **Quarterly Journal of Forestry**, London, n. 42, p. 51, 1948.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Catálogo de imagens de satélite Rapideye**. Brasília: MMA, 2014. Disponível em: <<http://geocatalogo.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 17/12/2017.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. The fire factor. In: OLIVEIRA, P.; MARQUIS, R. J. **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002.

MOREIRA, J. C.; ROCHA, C. H. Unidades de conservação nos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Ed.). **Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, p. 201 – 212, 2007.

MUTCH, R. V. Wildland fires and ecosystems: a hypothesis. **Ecology**, Tempe, v. 51, n. 6, p. 1046 – 1051, 1970.

MYERS, R. L.; WADE, D.; BERGH, C. **Fire management assessment of the caribbean pine (*Pinus caribaea*) forest ecosystems on Andros and Abaco Islands, Bahamas**. Global Fire Initiative Misc. Technical Report 2004-2. The Nature Conservancy, 2004.

MYERS, R. L.; O'BRIEN, J.; MORRISON, S. **Fire management overview of the caribbean pine (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) Savannas of the Mosquitia, Honduras**. Global Fire Initiative Misc. Technical Report 2006-1. The Nature Conservancy, 2006.

MYERS, R. L. **Convivendo com o fogo – manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado do fogo**. USA: TNC, 2006. 28 p.

OTTMAR, R. D.; VIHANEK, R. E.; MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A. **Stereo photo series for quantifying Cerrado fuels in Central Brazil**. v, 1. Washington: USDA; Brasília: UNB, 2001.

PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 8, n. 4, p. 487 - 497, 1992.

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

REINER, A. L.; TAUSCH R. J.; WALKER, R. F. Estimation procedures for understory biomass and fuel loads in Sagebrush Steppe invaded by woodlands. **Western North American Naturalist**, v.70, n. 3, p. 312 - 322, 2010.

RICHARDSON, D. M.; RUNDEL, P. W. Ecology and biogeography of *Pinus*: an introduction. In: RICHARDSON, D. M. (Ed.). **Ecology and biogeography of *Pinus***. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

ROSCH, M.; EHRMANN, L.; HERRMANN, E.; SCHULZ, A.; BOGENRIEDER, J. G.; GOLDAMMER, H.; PAGE, M.; HALL, W.; SCHIER. Slash-and-burn experiments to reconstruct late neolithic shifting cultivation. **Int. Forest Fire News** n. 30, p. 70 – 74, 2004.

ROTHERMEL, R. C. **A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels**. Ogden: U.S Forest Service, 1972. 41 p. (Research Paper INT – 115).

SCHEIDER, B. H.; BELL, D. T. A simple, effective technique for rapid measurement of fuels in low shrub communities. **Australian Forest Research**, Est. Melbourne, v. 15, n. 1, p. 84 - 92, 1985.

SEGER, C. D. **Material combustível e comportamento do fogo em vegetação de estepe gramíneo-lenhosa na RPPN Caminho das Tropas, Palmeiras, Paraná**. 196 f. Tese (Doutorado em Conservação da Natureza) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2015.

SEGER, C. D. **Material combustível da vegetação de estepe do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa – Paraná**. 63 f. (Pós-Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2016.

SILVA, L. G. **Efeito do fogo sobre a dinâmica da vegetação lenhosa de um cerrado rupestre e cerrado típico, Mato Grosso, Brasil**. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina, 2013.

SILVA, A. R. **Florística, fitossociologia e fenologia de três fitofisionomias campestres no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Conservação da Natureza) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2014.

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

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

SOARES, R. V. Effects of pine plantation prescribed burning on soil chemical properties in the savanna region of Minas Gerais state, Brasil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 1990, Coimbra. **Proceedings**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 1990, p. 06 - 09.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. 2. ed. Curitiba, 2017. 250 p.

SOUZA, L. J. B. de; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Modelagem de material combustível em plantações de *Pinus taeda* no norte de Santa Catarina. **Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 157 - 168, 2003.

TUMOLO NETO, R. J. **Manejo de pastagem com o uso do fogo em unidade de conservação de uso sustentável no Cerrado: estudo comparativo entre a RDS Veredas do Acari (MG) e a APA Nascente do Rio Vermelho (GO)**, DF. 229 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2014.

VÉLEZ, R. **La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias**. España, 2000. 1320 p.

YEBRA, M.; CHUVIECO, E.; RIAÑO, D. Investigation of a method to estimate live fuel moisture content from satellite measurements in fire risk assessment. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 234, p. 12 - 32, 2006.

ZAVALA-CHÁVEZ, F. **Identificación de encinos de México**. México: Universidad Autónoma Chapingo, 2003.

APÊNDICE 1 - RESULTADOS DAS COLETAS REALIZADAS NA ESTAÇÃO DO OUTONO

Coletas em junho/2016								
Amostragens (Ponto)	Mat. Vivo		Mat. Morto		Miscelânea		Total de material	
	Massa (ton.ha ⁻¹)	Teor de umidade (%)						
01	0,996	128,12	2,384	42,11	5,254	36,14	8,634	68,79
02	1,108	85,43	3,254	23,54	3,897	18,75	8,259	42,57
03	0,617	97,18	2,387	22,43	4,753	16,35	7,757	45,32
04	1,482	71,34	4,753	16,13	4,122	18,18	10,303	35,21
05	0,916	139,99	5,563	31,14	3,188	29,74	9,667	66,95
06	0,907	75,14	7,124	8,18	3,014	9,14	11,045	30,82
07	0,293	104,12	3,129	44,74	6,354	31,70	9,776	59,99
08	0,786	99,11	3,643	31,01	6,203	20,20	10,632	50,10
09	1,916	79,54	5,017	9,54	4,658	12,43	11,591	33,83
10	0,512	89,99	4,544	33,32	3,025	28,82	8,081	50,71
11	0,483	71,01	6,122	18,00	3,014	21,17	9,619	36,72
12	0,911	131,13	5,247	29,63	2,843	19,99	9,001	60,25
13	1,029	59,13	6,004	11,44	3,353	13,75	10,386	28,10
14	1,043	113,54	2,699	43,11	2,344	38,13	6,086	64,92
15	1,099	101,17	3,555	17,18	2,017	11,11	6,671	43,15
16	1,923	68,11	5,554	22,13	1,999	15,13	9,476	35,12
17	1,217	101,71	8,404	32,44	2,914	22,20	12,535	52,11
18	0,912	75,12	3,443	49,21	2,993	36,76	7,348	53,69
19	1,011	121,12	3,998	13,03	4,307	17,74	9,316	50,63
20	0,894	94,12	4,711	38,11	3,983	28,08	9,588	53,43
21	1,017	91,14	4,913	13,18	3,388	7,75	9,318	37,35
22	1,413	101,37	13,304	18,44	4,443	21,47	19,160	47,09
23	1,013	131,99	5,988	44,14	5,013	31,13	12,014	69,08
24	1,124	119,75	8,013	48,17	4,024	30,02	13,161	65,98
25	2,121	91,77	11,123	21,21	4,213	25,12	17,457	46,03
26	2,943	70,70	14,354	38,77	4,613	30,94	21,910	46,80
27	1,873	101,14	8,074	38,11	3,002	29,99	12,949	56,41
28	1,414	139,14	12,322	30,66	5,087	19,18	18,823	62,99
29	1,991	119,76	12,345	44,14	6,099	36,36	20,435	66,75
30	1,304	124,44	7,999	42,27	4,354	30,03	13,657	65,58
31	2,703	101,09	10,123	18,11	6,103	20,12	18,929	46,44
32	2,550	112,36	12,343	19,94	6,013	21,18	20,906	51,16
33	2,342	88,14	7,033	10,18	6,705	12,13	16,080	36,81
34	1,893	99,93	5,053	31,87	6,255	28,12	13,201	53,30
35	2,344	90,64	10,232	16,60	5,988	19,45	18,564	42,23
36	2,660	80,12	5,814	21,01	5,342	28,12	13,816	43,08
MÉDIA	1,410	99,16	6,682	27,59	4,302	23,24	12,393	49,99
TOTAL	50,760		240,568		154,877		446,151	

APÊNDICE 2 - RESULTADOS DAS COLETAS REALIZADAS NA ESTAÇÃO DA PRIMAVERA

Coletas em outubro//2016								
Amostragens (Ponto)	Mat. Vivo		Mat. Morto		Miscelânea		Total de material	
	Massa (ton.ha ⁻¹)	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha ⁻¹)	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha ⁻¹)	Teor de umidade (%)	Massa (ton.ha ⁻¹)	Teor de umidade (%)
01	1,084	112,35	2,784	37,36	5,077	38,12	8,945	62,61
02	1,073	99,43	3,037	21,14	4,033	31,12	8,143	50,56
03	0,537	87,17	2,445	18,17	4,842	25,14	7,824	43,49
04	1,623	69,43	4,954	18,35	4,673	16,12	11,250	34,63
05	0,847	128,19	5,704	27,71	3,707	41,11	10,258	65,67
06	0,916	83,18	7,866	11,13	3,203	9,11	11,985	34,47
07	0,184	121,14	3,622	35,13	6,063	38,26	9,869	64,84
08	0,687	82,30	3,816	20,75	6,016	18,13	10,519	40,39
09	1,317	76,45	5,314	13,13	4,808	19,74	11,439	36,44
10	0,646	81,13	4,888	44,12	3,614	49,53	9,148	58,26
11	0,594	84,14	6,413	17,13	3,353	27,21	10,360	42,82
12	1,184	71,19	5,717	25,44	2,817	32,19	9,718	42,94
13	1,214	77,32	6,423	18,08	3,804	22,41	11,441	39,27
14	1,123	85,50	2,713	33,12	2,603	52,14	6,439	56,92
15	1,193	80,71	3,124	25,11	1,803	19,13	6,120	41,65
16	1,523	75,44	5,143	19,91	2,183	28,17	8,849	41,17
17	0,884	99,98	6,123	26,34	3,814	31,14	10,821	52,48
18	0,714	89,14	2,813	41,12	2,304	21,75	5,831	50,67
19	1,134	138,30	4,511	11,91	4,203	15,77	9,848	55,73
20	1,044	81,13	5,101	30,10	4,212	20,71	10,357	43,98
21	0,904	105,12	5,553	28,13	3,914	11,44	10,371	48,23
22	1,583	112,45	15,803	11,77	5,124	30,04	22,510	51,42
23	1,384	121,09	6,823	31,19	5,803	19,98	14,010	57,42
24	1,623	131,13	9,193	55,71	4,984	45,14	15,800	77,32
25	3,386	94,75	17,959	22,41	1,848	32,42	23,193	49,86
26	2,943	78,71	14,354	44,41	4,613	35,54	21,910	52,88
27	1,444	120,13	7,757	29,13	3,002	30,01	12,203	59,75
28	1,214	124,66	10,101	34,18	4,954	25,19	16,269	61,34
29	1,998	103,95	10,954	30,18	5,444	28,77	18,396	54,30
30	1,141	119,75	7,844	54,14	4,101	44,44	13,086	72,77
31	1,707	99,45	9,804	18,16	5,101	9,19	16,612	42,26
32	2,354	90,40	10,122	33,12	5,011	35,61	17,487	53,04
33	1,757	100,19	6,808	12,18	6,012	21,22	14,577	44,53
34	2,101	117,18	4,999	35,10	6,106	19,75	13,206	57,34
35	1,988	92,12	10,104	25,14	6,007	31,36	18,099	49,54
36	2,599	78,14	6,103	30,11	5,444	21,19	14,146	43,14
MÉDIA	1,379	97,58	6,855	27,51	4,294	27,73	12,529	50,95
TOTAL	49,647		246,792		154,600		451,039	

APÊNDICE 3 - RESULTADOS DAS COLETAS REALIZADAS NA ESTAÇÃO DO VERÃO

Amostragens (Ponto)	Coletas em março/2016							
	Mat. Vivo		Mat. Morto		Miscelânea		Total de material	
	Massa (ton.ha ⁻¹)	Teor de umidade (%)						
01	2,208	144,60	4,820	65,22	4,629	22,40	11,657	77,40
02	2,257	99,37	4,453	43,70	2,507	26,00	9,217	56,35
03	1,605	91,27	4,880	45,48	1,304	77,14	7,789	71,29
04	1,797	100,38	7,146	14,75	2,667	28,10	11,610	47,74
05	1,509	84,75	6,822	31,90	2,687	21,73	11,018	46,13
06	1,280	87,70	7,178	22,64	1,993	30,75	10,451	47,03
07	2,596	96,45	4,582	39,66	5,076	14,22	12,254	50,11
08	2,428	89,44	6,895	39,21	4,581	17,28	13,904	48,64
09	2,480	89,50	6,068	48,31	4,124	33,94	12,672	57,25
10	1,966	159,43	4,253	85,73	4,177	29,35	10,396	91,50
11	2,134	124,90	2,626	151,78	2,280	49,12	7,040	108,60
12	1,154	133,96	4,690	47,12	1,290	87,59	7,134	89,55
13	2,703	62,76	4,875	59,81	2,617	34,50	10,195	52,36
14	1,306	90,50	6,503	33,77	2,114	48,06	9,923	57,44
15	1,210	106,85	5,738	48,14	1,354	99,14	8,302	84,71
16	2,729	75,84	4,829	59,36	2,077	53,58	9,635	62,91
17	1,306	111,52	3,821	70,08	1,126	89,16	6,253	90,25
18	2,257	90,51	5,506	39,82	2,884	39,28	10,647	56,53
19	2,260	85,90	6,300	41,26	3,583	44,35	12,143	57,17
20	3,449	50,76	7,034	33,63	3,988	50,76	14,471	45,05
21	2,379	168,98	8,414	28,34	3,301	39,32	14,094	78,88
22	2,104	142,14	7,292	27,53	4,101	21,19	13,497	63,62
23	2,800	142,08	6,177	66,72	3,737	67,88	12,714	92,22
24	2,794	161,03	7,780	46,51	4,455	65,15	15,029	91,13
25	1,706	157,82	7,514	31,74	4,833	58,71	14,053	82,75
26	1,881	181,73	6,318	55,11	4,555	49,88	12,754	95,57
27	3,134	62,03	8,840	31,13	4,328	70,71	16,302	54,62
28	1,915	150,08	12,607	13,42	6,669	39,82	21,191	67,77
29	4,100	89,07	13,255	16,98	4,908	45,17	22,263	50,40
30	4,319	44,35	10,579	53,13	9,567	19,18	24,465	38,88
31	3,140	84,71	12,924	24,56	4,433	20,30	20,497	43,19
32	2,062	157,28	10,330	125,80	5,434	75,81	17,826	119,63
33	2,833	112,01	7,511	34,46	4,566	39,98	14,910	62,15
34	2,294	135,80	7,324	26,97	4,755	49,40	14,373	70,72
35	2,851	93,49	7,370	19,40	3,434	21,35	13,655	44,74
36	2,485	85,06	8,682	23,23	4,755	69,73	15,922	59,34
MÉDIA	2,318	109,56	6,998	45,73	3,747	45,83	13,063	67,05
TOTAL	83,431		251,936		134,889		470,256	