



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO CEDETEG
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS – SEAA/G
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGG



PROJETO DE PESQUISA

**EFEITO DO AQUECIMENTO DO SOLO SOB TEMPERATURAS TÍPICAS
DE QUEIMADA PRESCRITA NA ESTABILIDADE E RUPTURA DE
AGREGADOS**

Discente: Anna Júlia Silva Martins
Orientador: Edivaldo Lopes Thomaz

GUARAPUAVA - PR

Resumo

A queimada prescrita é uma prática que tem sido utilizada em Unidades de Conservação como o Parque Estadual de Vila Velha para a manutenção de ecossistemas dependentes do fogo. A supressão do fogo nestes ecossistemas, pode causar um desequilíbrio, afastando as Unidades de Conservação do seu objetivo principal, e aumentando o risco de incêndios naturais devido ao acúmulo de biomassa. Em contrapartida, o fogo impacta a composição física, química e biológica do solo, podendo resultar na perda de matéria orgânica e alteração da comunidade microbiana e modificações na estrutura do solo. Esses efeitos dependem diretamente da severidade da queimada e de outras práticas de manejo. Quando controladas, as queimadas prescritas podem trazer benefícios, como o aumento do carbono, do pH do solo e aumento da fertilidade. Além disso, auxiliam na conservação da biodiversidade, na ciclagem de nutrientes e no controle de espécies invasoras, mas ainda devemos analisar seus efeitos sobre a estrutura do solo. Este estudo tem como objetivo testar a capacidade das temperaturas alcançadas na queimada prescrita, alterarem a erodibilidade e a estabilidade dos agregados. A compreensão destes impactos pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de conservação em ecossistemas dependentes do fogo.

Palavras Chave: Queimada prescrita, erosividade e estabilidade de agregado.

1. Introdução

O fogo é um agente hidrológico e geomorfológico capaz de influenciar ciclos biogeoquímicos e a distribuição da vegetação, causando efeitos diretos e indiretos nas paisagens e seus ecossistemas (THOMAZ, 2019). No Brasil, os anos de 2000 a 2008 apresentaram uma crescente no número total de focos de incêndio por ano, principalmente nos anos de seca (DUFFY et. al., 2015), totalizando 362.563 em 2005, 393.915 em 2007, e 319.383 em 2010. A partir do ano de 2011, os números se mantêm em níveis mais baixos e estáveis em comparação ao período anterior, sendo que o menor número de ocorrências aconteceu no ano de 2013, somando 128.145 casos. Apesar de haver flutuações, a tendência geral a partir de 2010 não atinge os mesmos valores máximos registrados entre 2005 e 2008.

As alterações da temperatura e da dinâmica hidrológica causada pelas mudanças climáticas,

podem intensificar a frequência e a severidade dos períodos de seca (DUFFY, 2015), contribuindo com a mortalidade de espécies não adaptadas, favorecendo o desenvolvimento das adaptadas à seca (PHILLIPS, 2009), facilitando a propagação de incêndios florestais (ARAGÃO, 2007). Neste contexto, a queimada prescrita é uma técnica que utiliza o fogo de forma controlada, com planejamento, sem alcançar altas severidades, baseada no resgate de uma prática indígena, adquirida com o conhecimento prático a partir da sua utilização (ARROYO-KALIN, 2012), reduzindo o acúmulo de biomassa com o objetivo de reduzir a propagação de incêndios florestais.

Perante ao Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), o uso do fogo em Unidade de Conservação é permitido em casos de manutenção do ecossistema, já que em determinados ambientes, o fogo é essencial para a manutenção. É o caso do Parque Estadual de Vila Velha, um remanescente de campos gerais que depende intrinsecamente do fogo para manutenção de suas características iniciais, que tem desenvolvido um projeto de redução de espécies exóticas e de material combustível, utilizando a queimada controlada (RODRIGUES, 2017).

É importante ressaltar que a severidade das queimadas, podem alterar a composição física, química, mineralógica e biológica do solo (THOMAZ, et. al., 2014), e quando praticadas de forma indiscriminada, podem ser responsáveis por perda de matéria orgânica do solo, incremento de cinzas e volatilização de nutrientes, alteração da comunidade microbiana e deterioração estrutural do solo (MATAIX-SOLERA et. al., 2011).

Porém, ainda que a severidade das queimadas possa afetar o solo de forma negativa, mais pesquisas devem avaliar e comparar quais podem ser as vantagens e desvantagens da utilização do fogo de forma prescrita, ou seja, que siga o manejo correto do fogo, com sazonalidade, frequência e controle da intensidade, considerando o seu impacto sobre o solo (COSTA, 2021), uma vez que, alcançando a temperatura certa, o solo pode ser enriquecido.

A severidade do fogo no solo depende diretamente da relação entre o fogo e o solo a partir do comportamento do fogo, do grau de contato do fogo com o solo e algumas características térmicas do solo (STOOF, 2019), e também de fatores ambientais como as condições meteorológicas e a presença de material combustível no momento de aplicação da técnica (N'DRI et al., 2018).

Em queimadas de baixa e média severidade, o aquecimento do solo afeta os atributos químicos do solo, podendo levar ao incremento de carbono (SCHARENBRUCH et. al., 2012), elevação do pH, completa oxidação da matéria orgânica e a liberação de cátions básicos (CERTINI, 2005). Já a repelência à água, pode ser afetada de acordo com a temperatura da combustão, o tempo

de permanência, a quantidade e a qualidade da biomassa disponível, a umidade prévia e o tipo do solo (DOERR, et. al., 2000). Enquanto que a estabilidade dos agregados está diretamente relacionada com a capacidade da queimada degradar a matéria orgânica através da combustão (COSTA, 2018), contudo, “alguns níveis de temperatura podem ser suficientes para provocar uma fusão termal das partículas, levando a recristalização de minerais presentes na fração argila” (GIOVANNI, 1994).

Consequentemente o contato com o fogo, independente da severidade, aumenta o coeficiente de escoamento, enquanto que a resposta da erosão aumenta de acordo com a severidade da queima. O tempo após a queima, também pode contribuir significativamente no aumento do escoamento entre seis meses a um ano e seis meses depois do evento (VIEIRA et. al. 2015). Porém ainda não há um consenso sobre como e quanto às queimadas prescritas, comumente utilizadas em parques com o objetivo de auxiliar o equilíbrio de determinado ecossistema, podem afetar a dinâmica hidrológica e erosiva do solo (ZEMA & LUCAS-BORJA, 2019).

Portanto, considerando que as alterações da temperatura e da dinâmica hidrológica causada pelas mudanças climáticas podem intensificar a frequência e a severidade dos períodos de seca, analisar a correlação entre o aquecimento do solo e o possível efeito seletivo de acordo com a hierarquia dos agregados e consequentemente o aumento da erodibilidade, em solos expostos a queimada prescrita como ferramenta de controle de incêndios florestais, como no Parque Estadual de Vila Velha, é essencial para compreender a capacidade de colaboração da queimada controlada para o equilíbrio dos resquícios de Campos Gerais em Unidades de Conservação.

2. Objetivo geral

Testar se as temperaturas moderadas (típicas de queimadas prescritas) alteram a erodibilidade e os mecanismos de ruptura dos agregados.

2.1. Objetivos específicos

Testar se os agentes (carbono orgânico e mineralogia) de agregação se alteram sobre o efeito de temperaturas moderadas;

Testar se temperaturas moderadas afetam o destacamento de partículas superficiais e a perda de solo por salpico;

Identificar se há hierarquia de agregados nos solos avaliados e se as temperaturas moderadas podem alterar essa hierarquia;

3. Metodologia

3.1. Área de Estudo

A cidade de Ponta Grossa fica localizada no segundo planalto paranaense, na região Sul do Brasil, na parcela centro-sul do Paraná, sendo que Parque Estadual de Vila Velha (PEVV), localizado entre as coordenadas 25°12'34" e 25° 15'35" de latitude S, 49° 58'04" e 50°03'37", com uma altitude máxima de 1.068m, fica situado num fragmento da região reconhecida como Campos Gerais que abrange o norte, divisa com o Estado de São Paulo, a sul, nos limites do Paraná com Santa Catarina. O clima da região é classificado como Subtropical úmido Mesotérmico (Cfb) de acordo com a classificação de Köppen. Tem a precipitação média anual de 1554 mm, e conta com a ocorrência de geadas.

O parque criado no dia 12 de Outubro de 1953 com o objetivo de conservar a flora e fauna nativa da área dos imóveis denominada Lagoa Dourada e Vila Velha, atrai muitos visitantes por conta da sua formações rochosas de grande valor cênico. As principais classes de solos encontradas na área do parque são os Latossolos, Cambissolos, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Flúvicos, Gleissolos Melânicos e os Organossolos (IAT, 2004).

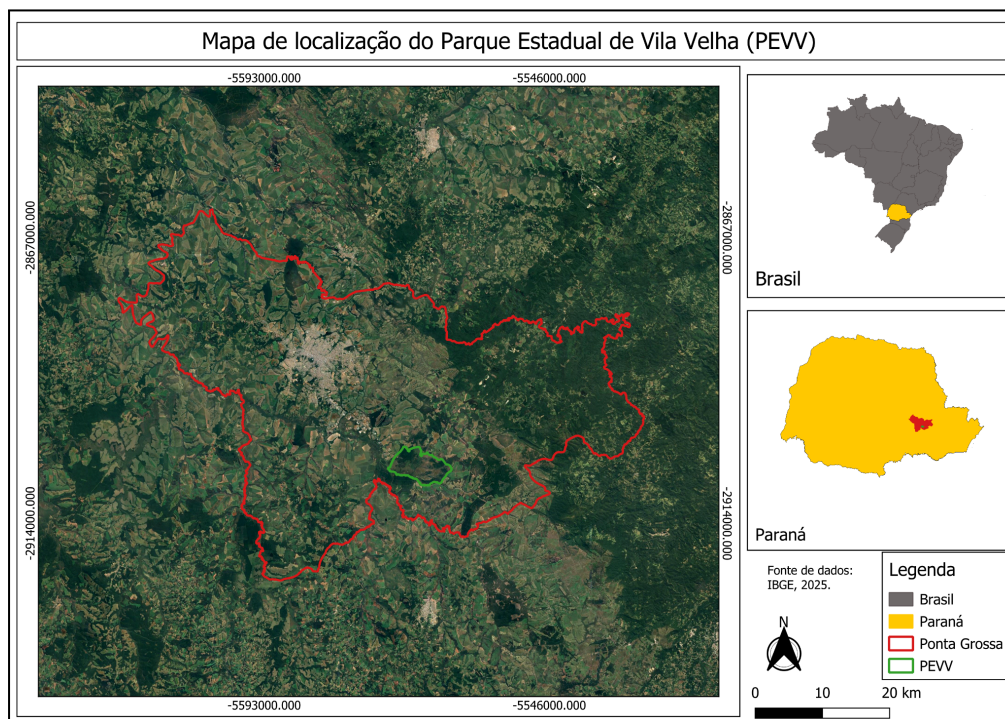


Figura 1: Mapa de localização do Parque Estadual de Vila Velha. **Fonte:** Do autor, 2025.

3.2 Amostragem do solo

Serão coletadas dez amostras indeformadas de Latossolo Vermelho e de Cambissolo Háplico, sendo uma amostra controle, e três para cada temperatura testada, totalizando 20 amostras. Para preservar a estrutura da camada superficial do solo (0 - 5 cm) e replicar as dinâmicas que acontecem em campo no experimento, as amostras serão coletadas utilizando um anel volumétrico de 20 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade. Ainda que os efeitos das queimadas atingem as parcelas mais superficiais do solo (de 0 - 5 cm) (THOMAZ et. al., 2014) as coletas serão feitas em duas profundidades, de 0 - 5 cm e 5 - 10 cm, para que os efeitos da utilização da técnica possam ser avaliados em camadas mais profundas. A escolha desses solos se deve à sua proximidade com a rodovia BR-376, uma região onde a queima prescrita é utilizada como medida de prevenção de incêndios na Unidade de Conservação (UC).

A localização dos pontos será determinada com o auxílio de um receptor GPS de navegação, buscando realizar a amostragem o mais próximo possível da posição previamente estabelecida. Após a coleta, a localização exata será registrada por meio de georreferenciamento com posicionamento diferencial (DGPS). *

3.2.1. Caracterização física do solo

Para determinar as concentrações de silte, argila e areia, pelo método da pipeta, utiliza-se 10g de solo em recipiente de vidro com capacidade de 300mL com 10 mL de solução NaOH 1,0 mol L⁻¹ complementado com água destilada, que irá para o agitador horizontal com 200 rpm por 360 minutos. Em seguida, a fração areia será retida pela peneira de 0,053 mm ao mesmo tempo que a suspensão silte + argila é transferida para provetas de 500 mL. Baseado na Lei de Stokes para definir o tempo de sedimentação, uma alíquota de 10 mL, contendo exclusivamente a fração argila, será coletada a uma profundidade de 5 cm a partir do limite superior da suspensão dentro da proveta. 25 mL da amostra coletada será transferido para um becker seco, tarado previamente, que será seco por 24 horas, em estufa, a 105°C, estas amostras depois de secas serão pesadas em balança analítica (manual de métodos de análise de solos). O teor de silte será obtido pela diferença entre a massa inicial do solo utilizado (10 g de TFSA, corrigidos para seco em estufa) e a soma das massas de areia e argila. Por fim, os dados obtidos definirão a classe textural das amostras de solo, de acordo com o triângulo textural.

3.2.2. Aquecimento do solo

Para simular as temperaturas atingidas em queimadas prescritas (ALCAÑIZ, 2018), se aproximando das características das dinâmicas que acontecem no campo, as amostras indeformadas serão aquecidas em três temperaturas diferentes (100°C, 200°C e 300°C), por 30 minutos, tempo amplamente empregado por ser suficiente para gerar efeitos do aquecimento e eliminar efeitos de curva de temperatura (GIOVANNI, 1994), em forno elétrico convencional (Mueller - Modelo Questo) calibrado e pré-aquecido previamente, por possuir amplo espaço interno, ser capaz de obter uma temperatura precisa e ter circulação interna de ar, comportando também, 3 termopares responsáveis pela aferição a cada segundo para cada temperatura de aquecimento (COSTA, 2025.), assim o efeito das temperaturas moderadas e a sua relação com a alteração dos agentes de agregação (carbono orgânico e mineralogia) serão testados e analisados.

As temperaturas e o tempo de exposição foram escolhidas com o objetivo de simular as alcançadas em queimadas prescritas de baixa, média e alta intensidade, normalmente empregadas em estudos sobre a temática em condições laboratoriais (ALCANIZ et.al., 2018; MATAIX-SOLERA et.al., 2011; Giovanni, 1994)

3.3. Caracterização Química e Mineralógica

3.3.1. Teor e Qualidade da Matéria Orgânica

O método colorimétrico após a digestão com solução $K_2Cr_2O_7$ a $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ em meio ácido (H_2SO_4) proposto por Reid e Copeland (1966) será utilizado para mensurar o teor de matéria orgânica, enquanto a espectrometria de infravermelho (MID-IR) utilizando o equipamento Varian 600-IR Séries, em faixa espectral de $4400 - 400 \text{ cm}^{-1}$ com resolução de 4 cm^{-1} , será utilizado para caracterizar o tipo de Matéria Orgânica.

3.3.2. Mineralogia do Solo

A análise mineralógica da fração argila será conduzida pelo método do pó, conforme Jackson (1979), utilizando um difratômetro de raios X modelo D2 Phaser Bruker®. O equipamento conta com um detector rápido linear (LYNXEYE™) e software de análise (DIFFRAC.SUITE™). As condições operacionais adotadas serão: tensão de 30 kVA, corrente de 10 mA, varredura na faixa

de 4 a 50° 2θ, com radiação CuKα ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$) e filtro de níquel.

Além disso, a fração argila será caracterizada por espectrometria no infravermelho médio (MID-IR) utilizando o espectrofotômetro Varian 600-IR Series. Os espectros serão obtidos na faixa de 4400 a 400 cm^{-1} , com resolução de 4 cm^{-1} .

Também será determinada a concentração de ferro extraído por soluções específicas, visando identificar o estado de cristalização dos óxidos presentes no solo. O ferro extraível será quantificado por meio do método de ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Fed), conforme Mehra e Jackson (1960), e pelo método do oxalato de amônio (Feox), segundo Schwetmann (1973) e Jackson, Lim e Zelazny (1986).

3.4. Testes de Estabilidade e Ruptura de Agregados

3.4.1. Resistência tênsil

Com o objetivo homogeneizar a umidade, os agregados de 4 - 8 mm, serão secos por 36 horas e aquecidos em estufa a 60°C por 24 horas (Reis et al., 2014), e serão pesados antes da aplicação de tensão. Eles serão dispostos no equipamento que tem a capacidade de 20 kgf com velocidade constante de 0,04 mm por segundo. O equipamento será conectado ao computador para coletar instantaneamente os dados e contabilizar a força requerida para quebrar cada agregado.

A resistência tênsil vai ser calculada, utilizando a equação conforme Dexter & Kroesbergen (1985):

$$ES = \frac{ES_t/A}{1000} * 2$$

em que 0,567 é o coeficiente de proporcionalidade; P é a força aplicada (N), e D é o diâmetro efetivo de cada agregado, obtido através da equação também proposta por Dexter & Kroesbergen (1985) a seguir:

$$D = D_m \cdot (M \cdot M_0)^{0.333}$$

sendo D_m o diâmetro médio do agregado (mm); M é a massa do agregado individual (g); e M_0 é a média da massa seca dos agregados de determinada população.

3.4.2. Estabilidade de agregados em água

Para verificar a estabilidade do agregado em água, o método utilizado será o de peneiramento úmido adaptado (YODER, 1936). Em cada repetição, serão utilizados 25g de agregados secos ao ar livre de tamanhos entre 4 a 8 mm. Para analisar a desagregação por pressão de ar aprisionado (THOMAZ, 2022) os agregados serão pré - umedecidos por capilaridade com água destilada em uma bandeja contendo areia molhada e coberta por papel filtro por 16 horas. Em seguida, os agregados serão transferidos para uma peneira de 4mm, em conjunto de peneiras sobrepostas de: 4, 2; 1,0; 0,5; 0,25; e 0,105. Estas serão imersas em um recipiente contendo água e agitado verticalmente utilizando-se o aparelho de Yoder. As amostras serão agitadas por 15 minutos com amplitude igual a 4 cm e 30 oscilações por minuto.

A próxima etapa consiste em retirar os agregados retidos em cada peneiras e secá-los em estufa a 105°C por 48 horas, para obter a massa de agregados de 8,0 a 4,0 mm; 4,0 a 2,0 mm; 2 a 1,0 mm; 1,0 a 0,5 mm; 0,5 a 0,25 mm; e < 0,25 a 0,105 mm; e < 0,105 mm. Sendo que a última fração será obtida pela diferença entre a massa total de agregados e a massa de agregados presente em cada uma das peneiras utilizadas.

O diâmetro médio será calculado com base nessa distribuição dos agregados, utilizando a seguinte equação de Mazurack (1950):

$$DMG=10X$$

$$X=\sum n.logd$$

sendo, DMG o diâmetro médio geométrico (mm); n a porcentagem (decimal) decimal de agregados em cada classe de tamanho considerada; d é o diâmetro médio da classe de tamanho considerada (mm).

$$IEA= M1 -M2 -M3M0 - M3$$

Em que: IEA é a porcentagem de agregados estáveis (%); M1 é a massa de agregados maiores que 0,25 mm (g); M2 é a massa de agregados menores que 0,25 (g); M3 é a massa-equivalente areia no solo (g); M0 é a massa inicial de agregados (g).

3.4.3. Estabilidade de agregados com simulação de chuva em laboratório

As amostras indeformadas de solo, dispostas na parcela com declividade ajustada semelhante a das áreas coletadas em campo, com sistema para coleta de água (escoamento superficial e subsuperficial) e solo (transporte de superfície e salpico) que serão coletadas a cada 5 minutos a partir do início dos fluxos durante os 30 minutos de exposição, serão submetidas a chuvas simuladas padronizadas pela média da chuva e período de retorno da região de origem da amostra, no laboratório de erosão dos solos da Universidade Estadual do Centro-Oeste, no campus Cedeteg em Guarapuava-PR.

O simulador possui: Bico multi gotas (SPRACO); Bomba de água $\frac{3}{4}$ HP; Conexões (plástico e ferro) e Manômetro para controle de pressão/intensidade. A energia cinética por unidade de área ($J m^{-2}$), será calculada com o disdrômetro, responsável por medir o tamanho e a velocidade de queda das gotas de água sobre um feixe de laser (leitura direta).

Para mensurar o volume de escoamento a partir do início da simulação, utiliza-se a seguinte equação:

$$ES = \frac{ES_t/A}{1000} * 2$$

Sendo: Es = escoamento superficial (mm h⁻¹); ES_t = Escoamento superficial total; A = área da parcela (m²); 1000 = conversão de ml para mm e 2 = conversão de 30 min de simulação para uma hora.

O escoamento subsuperficial, será mensurado a partir do início da simulação, utilizando a equação:

$$ES_{bt} = \frac{ES_t/A}{1000} * 2$$

Sendo: Es = escoamento subsuperficial (mm h⁻¹); ES_t = Escoamento subsuperficial total; A = área da parcela (m²); 1000 = conversão de ml para mm e 2 = conversão de 30 min de simulação para uma hora.

A mensuração de perda de solo, será estimada de acordo com a equação citada por Santos et.al. (2008):

$$Dr = \frac{Mss}{A \cdot Dc}$$

Sendo: Dr = taxa de desagregação do solo (kg m-2 s-1); Mss = Massa de solo seco desagregado (kg); A = área da parcela (m2) e Dc = duração da coleta (s).

A interação entre os resultados obtidos no teste de resistência tênsil, estabilidade de agregado em água e com simulação de chuva, reproduzem os processos de desagregação em campo e com eles conseguimos relacionar os tamanhos dos agregados e em qual das situações eles podem ser mais ou menos frágeis, por isso diferentes classes de agregados serão avaliadas, utilizando o tamanho de agregado que apresentar uma menor variabilidade em relação aos testes de desagregação, para evitar a superestimação ou subestimação da relação entre o tamanho e o processo de desagregação do agregado. (THOMAZ, 2022)

3.4.4. Análises estatísticas

As análises serão realizadas utilizando o *Software Excel* e o *Software Bioestat*, estimando a média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação, além de testes de normalidade (Shapiro-Wilk), análises de variância (ANAVA), teste de Tukey (P <0,05) para comparação de médias e teste t para algumas amostras, e coeficiente de correlação de Pearson.

Cronograma de Execução

Atividade	Mês/Ano
Cumprimento dos créditos, atividades complementares e levantamento bibliográfico	Abril a Setembro/2025
Definição e coleta de amostras	Março e Abril/2026
Análise em laboratório das amostras coletadas	Março, Abril e Maio/2026
Qualificação	Novembro/2026
Correções e ajustes recomendados pela banca	Novembro/2026 a Janeiro/2027
Finalização da dissertação e divulgação dos resultados finais.	Janeiro/2027 a Abril/2027

Orçamento

O custo estimado para realizar a pesquisa é de em média R\$ 150,00 de gasolina para ir e voltar de Ponta Grossa - PR para Guarapuava - PR, mais R\$ 100,00 para alimentação. Totalizando R\$ 250,00.

Referências

ALCAÑIZ, M. et al. Effects of prescribed fires on soil properties: A review. *Science of the Total Environment*, v. 613-614, p. 944-957, fev. 2018.

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophysical Research Letters*, Washington, D. C., v. 34, n. 7, L07701, abr. 2007. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2006GL028946>. Acesso em: 17 set. 2025.

ARROYO-KALIN, M. Slash-burn-and-churn: Landscape history and crop cultivation in pre-Columbian Amazonia. *Quaternary International*, v. 249, p. 4-18, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 28 maio 2012.

CERTINI, G. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, v. 143, p. 1-10, 2005.

COSTA, Y. T. et al. Advances in soil heating experimentation: A novel methodological framework for laboratory studies. *Soil & Tillage Research*, 2025.

COSTA, Y. T.; THOMAZ, E. L. Management, sustainability and research perspective of prescribed fires in tropical parks. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2021.

DEXTER, A. R.; KROESBERGEN, B. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 31, n. 2, p. 139-147, fev. 1985.

DOERR, S. H. et al. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*, v. 51, p. 33-65, 2000.

DUFFY, P. B.; BRANDO, P.; ASNER, G. P.; FIELD, C. B. Projections of future meteorological drought and wet periods in the Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, D. C., v. 112, n. 43, p. 13172-13177, 12 out. 2015. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1421010112>. Acesso em: 17 set. 2025.

GIOVANNI, G. The effect of fire on soil quality. In: SALA, M.; RUBIO, J. L. (Ed.). **Soil erosion and degradation as a consequence of forest fire**. Logroño: Geoforma Ediciones, 1994. p. 15-27.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA – IAT. **Plano de manejo Parque Estadual de Vila Velha**. Curitiba, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha municipal do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15774-malhas.html>. Acesso em: 15 fev. 2025.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis: advanced course**. Madison: Prentice-Hall, 1979. 895 p.

JACKSON, M. L.; LIM, C. H.; ZELAZNY, L. W. Oxides, hydroxides and aluminosilicates. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. Parte 1, p. 118-124.

MATAIX-SOLERA, J. et al. Fire effects on soil aggregation: A review. **Earth-Science Reviews**, v. 109, p. 44-60, 2011.

MAZURAK, A. P. Effect of gaseous phase on water-stable synthetic aggregates. **Soil Science**, [s.l.], v. 69, n. 2, p.135-148, 1950.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays and Clay Minerals**, p. 317-327, 1960.

N'DRI, A. B. et al. Season affects fire behavior in annually burned humid savanna of West Africa. **Fire Ecology**, v. 14, p. 1-11, 2018.

PHILLIPS, O. L. et al. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. **Science**, v. 323, n. 5919, p. 1344-1347, 6 mar. 2009. Disponível em: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.1200807>. Acesso em: 17 set. 2025.

REID, P. H.; COPELAND, C. *Tentative analytical methods used for the testing of farmers samples by the Soil Testing Division, North Carolina Department of Agriculture*. Raleigh, 1966.

REIS, D. A. et al. Tensile strength and friability of an Alfisol under agricultural management systems. *Scientia Agricola*, v. 71, n. 2, p. 163-168, abr. 2014.

RODRIGUES, A. et al. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Estadual de Vila Velha (Paraná, Brasil) e propostas de prevenção e combate. *Espacios*, Caracas, v. 38, n. 43, p. 17, set. 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n43/a17v38n43p17.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.

SANTOS, T. E. M. dos et al. Erosão hídrica e perda de carbono orgânico em 77 diferentes tipos de cobertura do solo no Semiárido, em condições de chuva simulada. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, n. 2, p. 113-125, 2008.

SCHARENBRUCH, B. C. et al. Two decades of low-severity prescribed fire increases soil nutrient availability in Midwestern, USA oak (*Quercus*) forest. *Geoderma*, v. 183-184, p. 80-91, 2012.

SCHWERTMANN, U. Use of oxalate for Fe extraction from soil. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 53, p. 244-246, 1973.

STOOF, C. R. Soil heating. In: CERDÁ, A. (Ed.). *Fire effects on soil properties*. [S.l.]: CSIRO, 2019. p. 229-240.

THOMAZ, E. L. et al. Effects of fire on the physicochemical properties of soil in a slash-and-burn agriculture. *Catena*, v. 122, p. 209-215, 2014.

THOMAZ, E. L. **Erosão do solo: Teorias, Méteodos e Perspectivas**. CRV. Curitiba. 2019.

THOMAZ, E. L. et al. Mechanisms of aggregate breakdown in (sub)tropical soils: Effects of the hierarchical resistance. *Catena*, v. 216, 2022.

VIEIRA, D. C. S. et al. Does soil burn severity affect the post-fire runoff and interrill erosion response? A review based on meta-analysis of field rainfall simulation data. *Journal of Hydrology*, v. 523, p. 452-464, 2015.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and study of the physical nature erosion losses. *Journal of the American Society of Agronomy*, v. 28, n. 5, p. 337-351, maio 1936.