
ECOLOGIA

AMANDA VIANA GALANTI

**“QUEM QUEIMA MAIS? ANÁLISE DA
INFLAMABILIDADE DE GRAMÍNEAS
INVASORAS E NATIVAS DO CERRADO”**



Rio Claro
2020

AMANDA VIANA GALANTI

**“QUEM QUEIMA MAIS? ANÁLISE DA INFLAMABILIDADE DE GRAMÍNEAS
INVASORAS E NATIVAS DO CERRADO”**

Orientadora: Profa Assoc. Alessandra Fidelis

Coorientadora: Me. Gabriella Damasceno

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio
Claro, para obtenção do grau de Ecóloga.

Rio Claro
2020

G146q	Galanti, Amanda Viana Quem queima mais? Análise da inflamabilidade de gramíneas invasoras e nativas do Cerrado / Amanda Viana Galanti. -- Rio Claro, 2020 27 f. : fotos, mapas Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro Orientadora: Alessandra Fidelis Coorientadora: Gabriella Damasceno 1. Fogo e ecologia. 2. Cerrados. 3. Gramínea. 4. Ecologia vegetal. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pelas oportunidades e caminhos gerados e pelas pessoas maravilhosas que colocou na minha vida ao longo desses anos de graduação. Em segundo momento e não menos importante, gostaria de agradecer minha mãe Simônia, sem você nada disso seria possível. Obrigada por sempre me apoiar, me ajudar e acreditar nas minhas decisões e escolhas. Se hoje estou onde estou, foi por você!

Agradeço à minha orientadora Alessandra, por toda compreensão e acolhimento ao longo do tempo que trabalhamos juntas, assim como pelo carinho e preocupação demonstrados, não só com a minha formação. Aos meus coorientadores Gabriella e Vagner, por toda paciência, dedicação e assistência a todo momento ao longo do desenvolvimento do deste trabalho. Admiro demais o trabalho de todos vocês e da equipe que vocês formam junto com o LEVeg, parabéns por toda ética, profissionalismo e paixão pelo que fazem, vocês são incríveis, obrigada por me deixarem fazer parte de um pouco disso!!

Aproveito aqui para agradecer também todas professoras e professores que tive durante a graduação, em especial a Prof.^a Maria Inez, por todo o conhecimento, paciência e conselhos que vou levar para toda vida!! A PROEX por fornecer as bolsas de Apoio Acadêmico e Extensão (BAAE), que foi essencial para minha permanência e seguimento na universidade.

E por fim, a cada um dos meus amigos de jornada, que passaram os altos e baixos comigo nesta graduação e que sem eles talvez eu não tivesse chegado tão longe, meu muito obrigada pela parceria: Laurinha, Gabi, Valeta, Caxa, Popys, Oito, Fora, Cigana, Lê, Mushu, Daqui. Pikachu, Whey, Precoce, Mariá, Isa, Vini, Vogue, Lídia e Pê. Agradeço também aos meus amigos Batataenses por terem me incentivado a seguir meu sonho e a não desistir nos momentos difíceis, obrigada TOP FIVE (Amanda, Bianca, Fernanda e Julia), Sávio e os moleques. Assim como outras figuras ilustres que passaram momentos importantes e maravilhosos comigo e não foram citados aqui.

Resumo

A composição e distribuição de ecossistemas savânicos, como o Cerrado, tem influência direta do fogo, sendo estas regiões caracterizadas por sua inflamabilidade. A inflamabilidade é um conceito que de maneira simplificada trata-se da capacidade de uma planta entrar em ignição e sustentar o fogo. Algumas plantas apresentam atributos que são capazes de aumentar ou diminuir a sua inflamabilidade, como acúmulo de biomassa, teor de umidade e a própria arquitetura da planta. Além disso, a presença de espécies de gramíneas invasoras nessas fitofisionomias savânicas do Cerrado contribui para a mudança do regime de fogo, podendo resultar em alterações nas características da comunidade, como a composição de espécies. Dessa forma, este estudo buscou responder se existe diferença da inflamabilidade de gramíneas nativas e invasoras no Cerrado e se essa diferença está relacionada aos atributos vegetais das espécies que compõem o material combustível. Para isso, comparamos a inflamabilidade e os atributos morfofisiológicos entre espécies nativas (*Gymnopogon foliosus*, *Aristida jubata*, *Andropogon bicornis* e *Sporobolus aeneus*) e invasoras (*Melinis minutiflora*, *Urochloa brizantha*, *Andropogon gayanus* e *Melinis repens*) presentes em uma área de campo sujo do Cerrado. Foram realizadas medições individuais dos atributos de inflamabilidade e também medidas de teor de umidade, porcentagem de biomassa viva e morta, além da área foliar específica. Os resultados encontrados não foram significativos, indicando que não houve uma diferença entre a inflamabilidade de gramíneas nativas e invasoras. Os atributos de umidade, a biomassa morta e o SLA (área foliar específica), foram usados para explicar a semelhança da inflamabilidade entre as espécies. Tais resultados evidenciam que independentemente de ser invasora ou nativa, as gramíneas estudadas queimam bem no final da estação seca, devido ao nível de biomassa morta que os indivíduos acumulam essa época do ano. Além disso, nossos resultados mostraram que os atributos são espécie-específico, indicando que a identidade das espécies é mais importante do que o grupo ao qual ela pertence. Dessa forma, com outros estudos mais abrangentes poderemos entender melhor como as gramíneas invasoras podem influenciar o regime de fogo desses ecossistemas.

Palavras chave: inflamabilidade. invasões biológicas. Cerrado. Gramíneas. atributos inflamáveis.

ABSTRACT

The composition and distribution of savanna ecosystems, such as the Cerrado, has a direct influence of fire, and these regions are characterized by their flammability. In a simplified way, flammability is the ability of a plant to ignite and sustain fire. Some plants have attributes that are capable of increasing or decreasing their flammability, such as biomass accumulation, moisture content and the plant's own architecture. Besides that, the presence of invasive grass species in these savanna phytophysognomies in the Cerrado contributes to the change on the fire regime, which may result in changes in the characteristics of the community, such as species composition. Thus, this study sought to answer whether there is a difference in the flammability of native and invasive grasses in the Cerrado and whether this difference is related to the plant attributes of the species that compose the fuel material. For this, we compared the flammability and the morphophysiological attributes between native species (*Gymnopogon foliosus*, *Aristida jubata*, *Andropogon bicornis* and *Sporobolus aeneus*) and invasive species (*Melinis minutiflora*, *Urochloa brizantha*, *Andropogon gayanus* and *Melinis repens*) present in a dirty countryside area of the Cerrado. Individual measurements of the flammability attributes and measurements of moisture content, percentage of live and dead biomass, in addition to the specific leaf area were performed. The result found was not significant, indicating that there was no difference between the flammability of native and invasive grasses. The moisture attributes, dead biomass and SLA, were used to explain the similarity of flammability between species. Such results show that regardless of being invasive or native, the grasses studied burn at the very end of the dry season, due to the level of dead biomass that individuals accumulate at this time of year. In addition, our results showed that the attributes are species-specific, indicating that the identity of the species is more important than the group to which it belongs. Therefore, with other more comprehensive studies, we will be able to better understand how invasive grasses can influence the fire regime of these ecosystems.

Keywords: flammability. biological invasions. Cerrado. Grasses. flammable attributes.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
2.1 Área de estudo	9
2.2 Metodologia	11
2.3 Análises estatísticas	13
3 RESULTADOS	14
4 DISCUSSÃO	26
5 CONCLUSÃO.....	23
6 REFERÊNCIAS	24

1 Introdução

O fogo um fator essencial na distribuição e composição dos ecossistemas pelo mundo (PAUSAS & KEELEY, 2009; BOND et. al., 2005). As savanas tropicais e as pradarias, são as regiões dependentes ou mais propensas a esses eventos (PAUSAS & KEELEY, 2009). Além disso, por possuírem diversas plantas com características físicas e químicas que podem influenciar a ocorrência e a intensidade do fogo, também são classificadas como ecossistemas inflamáveis (PAUSAS et. al., 2017; SIMPSON et. al., 2016).

A inflamabilidade trata-se da capacidade que a biomassa vegetal possui de entrar em combustão e ser consumida mediante uma fonte de ignição (PAUSAS et. al., 2017; SIMPSON et. al., 2016). Mutch (1970), desenvolveu a primeira definição de inflamabilidade, onde argumentou que toda vegetação suscetível à queima poderia apresentar atributos que aumentam sua inflamabilidade, sendo esses atributos um importante fator na persistência das espécies na comunidade. Essa afirmação é contestada por outros autores por se restringir a indivíduos com atributos inflamáveis hereditários (SCARFF & WESTOBY, 2006; SNYDER, 1984). A inflamabilidade é compreendida em três componentes, sendo eles: ignitabilidade, a capacidade de ignição da planta; combustibilidade, a intensidade de combustão; e a sustentabilidade, que é a manutenção da queima pelo material vegetal (ANDERSON 1970). Essas variáveis relacionadas com os atributos das plantas, auxiliam na definição de inflamabilidade e contribuem para propor formas de quantificá-la em indivíduos completos, e até mesmo fragmentos deles (ANDERSON, 1970; JAUREGUIBERRY et. al., 2011).

Sabemos que há pelo menos 4 milhões de anos o fogo está presente no Cerrado, o qual ao longo dos anos moldou sua comunidade vegetal (SIMON et. al., 2009). Sendo considerado a savana tropical mais diversa do mundo, o Cerrado possui uma alta biodiversidade e conta com um grande número de plantas endêmicas (KLINK & MACHADO, 2005). Porém, o Cerrado é altamente ameaçado pela conversão das terras para agropecuária, e essa perda de habitat causa o risco de extinção de diversas espécies, pois elas passam a sofrer efeitos de borda e invasões por espécies exóticas, que acabam por causar problemas estruturais e funcionais nas comunidades (CARMO et. al., 2011; PIVELLO et. al., 1999; KLINK & MACHADO, 2005).

Assim os ecossistemas tropicais propensos a incêndios podem ter sua inflamabilidade modificada pela presença de plantas invasoras, em particular espécies de gramíneas (PADULLÉS et. al., 2018; BROOKS et. al., 2004; ROSSITER et. al., 2003), que contribuem para uma mudança no regime de fogo (GORGONE-BARBOSA et. al., 2015). Essas plantas ainda são capazes de causar perda de habitat para a fauna silvestre, alterar o funcionamento de bacias hidrográficas e levar a posteriores invasões por outras espécies exóticas (BROOKS et. al., 2004). Além disso, elas podem modificar a ciclagem de nutrientes, as características do solo, a produtividade, o microclima, e a disponibilidade de luz e água (D'ANTONIO & VITOUSEK, 1992). Todas essas consequências levam a uma diminuição da biodiversidade desses ecossistemas, o que influencia na composição de espécies locais (DAMASCENO et. al., 2018), e podem até mesmo provocar uma descaracterização das fitofisionomias do Cerrado (PIVELLO, 2011).

A invasão por uma gramínea exótica também pode gerar o processo conhecido como grass-fire-cycle, promovendo mudanças na inflamabilidade do ecossistema local. Essa mudança ocorre devido a um aumento na quantidade de material combustível que pode aumentar a frequência e a intensidade do fogo daquela região (D'ANTONIO & VITOUSEK, 1992). O processo de grass-fire-cycle pode levar à diminuição de árvores e arbustos, aumentando ainda mais a abundância das gramíneas invasoras que podem elevar as chances de incêndios e assim permanecem em um ciclo de autoperpetuação, por serem ótimas colonizadoras pós-fogo (FREIFELDER et. al., 1998; D'ANTONIO et. al., 2000). Neste sentido, algumas plantas poderiam apresentar características capazes de aumentar sua inflamabilidade, ocasionando a morte de espécies vizinhas a ela (Teoria *kill thy neighbour*, proposta por Bond e Midgley, 1995). Assim, mesmo que haja sua própria morte, haveria oportunidade para recrutamento de novos indivíduos no ambiente devido ao espaço que foi aberto na vegetação (BOND & MIDGLEY, 1995). Entretanto, a competição entre as plantas após incêndio é desigual, pois algumas espécies podem apresentar recrutamento massivo, conseguindo se beneficiar da morte de seus vizinhos e se sobressair sobre as outras espécies (BOND & MIDGLEY, 1995; PAUSAS et. al., 2017). Logo, podemos dizer que as plantas que apresentam tais estratégias terão um recrutamento pós-fogo com maior sucesso (BOND & MIDGLEY, 1995; SAURA-MAS et. al., 2010; PAUSAS & MOREIRA, 2012; PAUSAS et. al., 2017).

A umidade e a quantidade de biomassa morta são as características que mais influenciam a inflamabilidade de uma planta, pois devido ao acúmulo de biomassa morta na estação seca é possível observar mudanças nas características do fogo, como altura das chamas e intensidade do fogo (PAUSAS et. al., 2017; SIMPSON et al., 2016; RISSI et. al., 2017). Outros atributos das plantas também podem influenciar a inflamabilidade como: propriedades químicas (presença de compostos e substâncias), características foliares, além da retenção de folhas mortas, que acumuladas tendem a ser mais inflamáveis (BOWMAN et. al., 2014). Além disso, a arquitetura das plantas pode ser um atributo relacionado com a inflamabilidade, no qual as plantas que possuem sistemas mais aerados conseguem ter uma melhor circulação de oxigênio, o que ajuda a propagar as chamas (WRAGG et. al., 2018; SCHWILK, 2003). As espécies com grande quantidade de celulose e compostos secundários em suas folhas, por exemplo, são mais inflamáveis em uma comunidade (BOWMAN et. al., 2014; PAUSAS et. al., 2017). Desta forma, é possível dizer que a evolução destes atributos que promovem a inflamabilidade das plantas levaram a alguns benefícios para a permanência das mesmas em ecossistemas inflamáveis, uma vez que elas têm um aumento do seu fitness (BOND & MIDGLEY, 1995).

Dado que as gramíneas invasoras teriam a capacidade de alterar a inflamabilidade do sistema ao qual invadiu, o objetivo deste trabalho é analisar se há diferenças na inflamabilidade entre gramíneas nativas e invasoras do Cerrado. Visto que o Cerrado é um sistema inflamável e que a invasão por gramíneas africanas é uma das maiores ameaças à sua conservação (KLINK & MACHADO, 2005), selecionamos gramíneas nativas (*Gymnopogon foliosus* (Wild.), *Aristida jubata* (Arechav.) Herter, *Andropogon bicornis* L. e *Sporobolus aeneus* (Trin.) Kunth) e exóticas invasoras (*Melinis minutiflora* P. Beauv., *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster, *Andropogon gayanus* Kunth e *Melinis repens* (Willd.) Zizka) de fisionomias abertas do Cerrado para avaliarmos os atributos de inflamabilidade das espécies dos dois grupos. Assim, temos como hipótese que gramíneas invasoras terão uma maior quantidade de biomassa morta e consequentemente serão mais inflamáveis do que as espécies nativas. Logo, esse trabalho será de grande ajuda para entendermos como as espécies invasoras podem influenciar o comportamento do fogo desses ambientes.

2 Material e Métodos

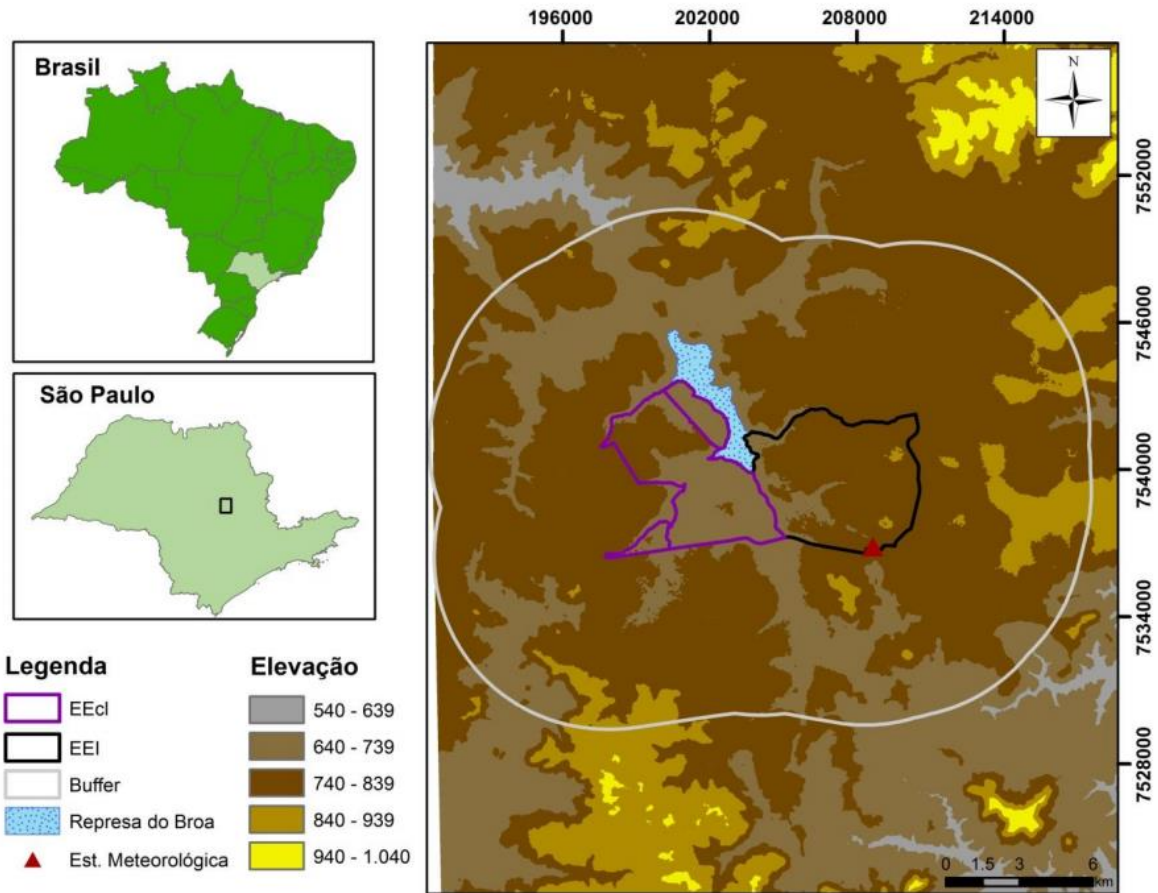
2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado na Estação Ecológica de Itirapina, que abrange 2300 ha e está localizada entre os municípios de Itirapina e Brotas no estado de São Paulo (22° 11' a 22° 15' S e 47° 51' a 48° 00' W; 700 a 820m de altitude). Segundo a classificação de Koppen, o clima regional é marcado pelo inverno seco e o verão chuvoso, onde a estação seca se estende do período de abril a setembro e a estação chuvosa abrange o período de outubro a março (ZANCHETTA et. al., 2006). Os solos dessa região apresentam uma textura argilosa e areno-argilosa, além de possuírem grande capacidade de retenção de água, sendo encontrados em maior escala Neossolos Quartzarênicos e em uma menor escala, os Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos (ZANCHETTA et. al., 2006).

A Estação Ecológica de Itirapina possui uma cobertura vegetal constituída essencialmente por fisionomias abertas de Cerrado englobando campo cerrado, campo limpo, campo sujo e ainda algumas manchas de cerrado *sensu stricto* e cerradão (Figura 1). Em locais onde há influência do lençol freático superficial ou baixadas úmidas de fundos de vale, encontramos os campos úmidos e ao entorno dos cursos d'água, as florestas de galeria (ZANCHETTA et. al., 2006).

A vegetação de ecossistemas abertos possui algumas áreas com invasão de espécies exóticas, sendo as gramíneas africanas *Melinis minutiflora* e *Urochloa* spp as mais frequentes, pois podem ser encontradas em grandes quantidades em algumas regiões (ZANCHETTA et. al., 2006). *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. são outras evidentes invasões de espécies de plantas, que ocorrem tanto nas áreas abertas como no cerradão (ZANCHETTA et. al., 2006; PIVELLO, 2011).

Figura 1: Estação Ecológica (EEcl) e Estação Experimental (EEI) de Itirapina.



Fonte: (COSTA, 2017).

2.2 Metodologia

Foram coletados aleatoriamente dez indivíduos espalhados pela Estação Ecológica de Itirapina, de oito espécies de gramíneas, sendo elas quatro nativas (*Aristida jubata*, *Andropogon bicornis*, *Sporobolus aeneus* e *Gymnopogon foliosus*) e quatro invasoras, segundo a base de dados do Instituto Hórus (Base de Dados I3N Brasil, 2020: *Urochloa brizantha*, *Andropogon guayanus*, *Melinis minutiflora* e *Melinis repens*). Ao todo coletamos 80 indivíduos no final da estação seca (início de setembro). Os indivíduos coletados apresentaram não mais que 100 cm de altura, devido ao porte da vegetação encontrada no local de coleta. Em seguida, as partes reprodutivas foram removidas e cada indivíduo foi pesado e colocado em sacos plásticos separadamente para manter as mesmas condições de umidade encontradas em campo.

No mesmo dia da coleta, os dez indivíduos de cada espécie foram separados em dois grupos, sendo que cinco indivíduos foram utilizados para medir os atributos morfofisiológicos, a fim de averiguar se a qualidade e quantidade do material combustível influenciaria a inflamabilidade (teor de umidade, área foliar específica, e biomassa morta). Os cinco indivíduos restantes foram usados para medir os atributos de inflamabilidade (taxa de queima, porcentagem de biomassa queimada e temperatura máxima atingida durante a queima). Cada amostra foi queimada separadamente utilizando equipamento (Figura 2) e protocolo descritos por Jaureguiberry et. al. (2011).

Antes da queima dos indivíduos, os queimadores do equipamento permaneceram acesos até atingir a temperatura de 120°C e continuaram ligados durante todo o processo de queima de forma a simular as mesmas temperaturas observadas em campo (RISSI et. al., 2017). Visando simular as condições de queima natural, cada indivíduo permaneceu primeiramente dois minutos na grelha para perder a umidade. Posteriormente, o maçarico, nossa fonte de ignição, foi orientado para extremidade superior da planta (direção de consumo durante uma queima no campo) até o momento em que ela entrou em combustão (Figura 2), sendo posteriormente desligado (JAUREGUIBERRY et. al., 2011).

Figura 2: Visão geral da queima de um indivíduo no equipamento utilizado para a medição dos atributos de inflamabilidade.



(Foto: Amanda Viana, 2019).

As variáveis amostradas durante a queima foram: temperatura máxima (MT) atingida, por meio de um sensor termopar tipo K, medindo a temperatura do fogo a cada 2s; tempo de queima (BT); comprimento da parte queimada da planta (BL); e a porcentagem de biomassa queimada (BB), que foi estimada visualmente. Após os experimentos, calculamos a taxa de queima (BR), resultado da razão BL/BT . Assim, os valores que obtivemos para MT, BR e BB, foram convertidos para uma escala de 0 a 1, por meio da divisão dos valores mensurados pelo valor máximo encontrado em cada variável (JAUREGUIBERRY et al., 2011). Após isso, foi calculado um valor de inflamabilidade para cada indivíduo, por meio da soma das três variáveis (MT, BR e BB), onde 0 não há inflamabilidade e 3 é o valor máximo de inflamabilidade.

Os cinco indivíduos que restaram de cada espécie tiveram os seguintes atributos medidos: a porcentagem de biomassa morta e viva (%), biomassa fresca (g) e a área foliar (a partir de três folhas de cada indivíduo). A área foliar foi medida a partir do aparelho Li-Cor 3000, após reidratação das folhas segundo o protocolo estabelecido por Pérez-Harguindenguy et al. (2013). Em laboratório, todas as amostras foram secas em estufa a 80°C durante 48 horas, onde posteriormente medimos o peso seco (g) de cada indivíduo e calculamos o teor de umidade

(amostra fresca menos amostra seca). As folhas utilizadas para mensurar a área foliar também foram secas em estufa a 80°C durante 48 horas e pesadas, para a obtenção da área foliar específica (SLA).

2.3 Análises Estatísticas

Para testarmos se os atributos funcionais (inflamabilidade, temperatura máxima, taxa de queima, biomassa queimada, biomassa morta, umidade e SLA) se diferenciam entre os grupos (nativas e invasoras) e entre as espécies, foram realizadas análises de variância (ANOVA) de um fator, considerando como variável preditora o grupo e como variável resposta cada um dos atributos mensurados. Em seguida, visando uma melhor compreensão dos resultados obtidos, realizamos também uma análise de componentes principais (PCA), utilizando os atributos morfológicos (biomassa morta, umidade e SLA). Todas as análises e gráficos foram feitos a partir do programa R (R Core Team 2019).

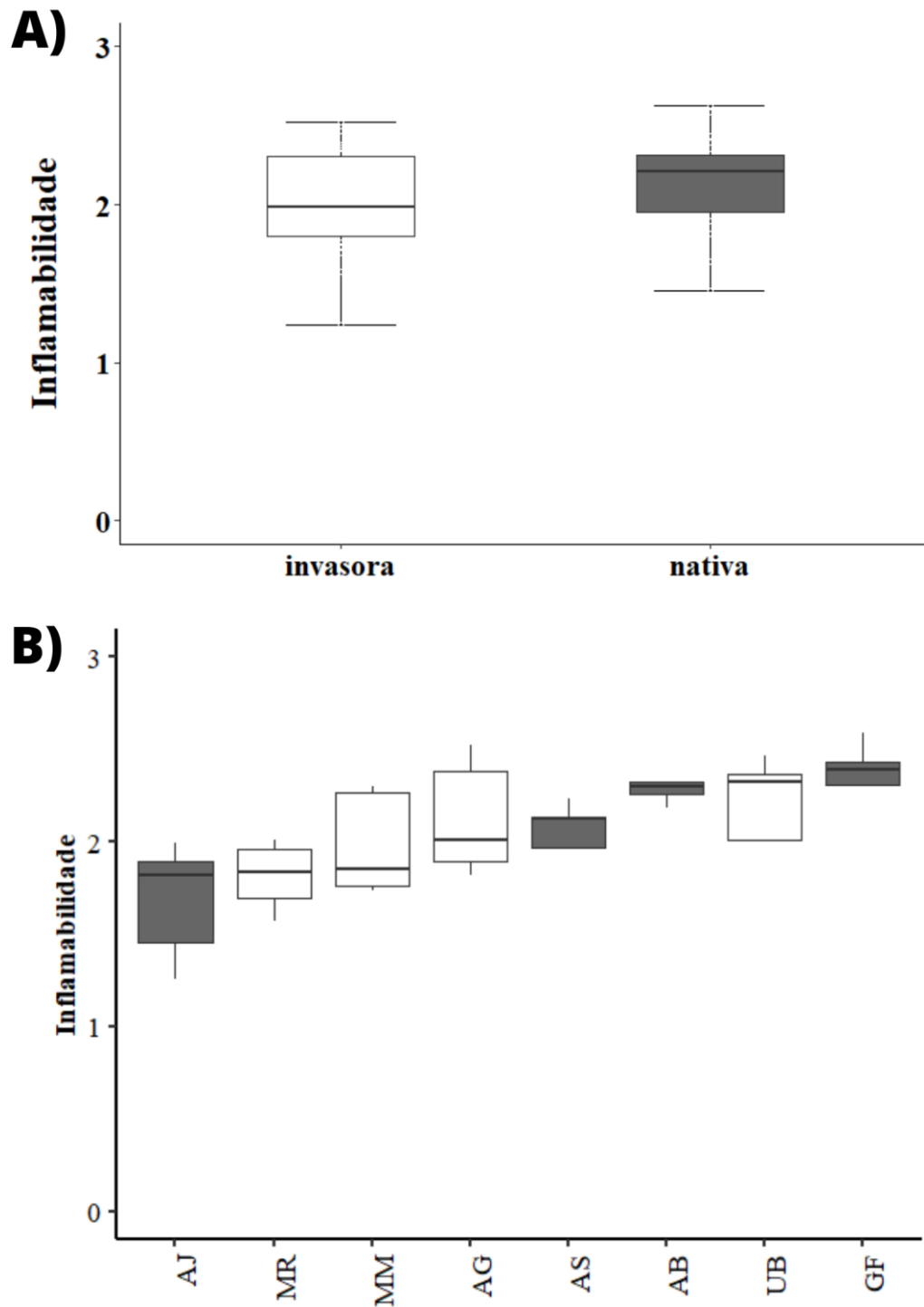
3 Resultados

Não houve diferença na inflamabilidade entre os grupos de gramíneas nativas e invasoras (invasoras = $2 \pm 0,33$; nativas = $2 \pm 0,36$; $p=0,23$; Figura 3A). Houve variação na inflamabilidade entre as espécies do mesmo grupo (nativas): *Gymnopogon foliosus* apresentou maior valor de inflamabilidade ($2,4 \pm 0,11$; GF, Fig. 3B), enquanto que *Aristida jubata* ($1,7 \pm 0,31$; AJ, Fig. 3B), o menor.

A quantidade de biomassa morta não foi diferente entre os grupos de invasoras e nativas (invasoras = $77,46 \pm 9,92\%$; nativas = $75,01 \pm 17,99\%$; $p=0,59$; Figura 4A). Enquanto isso, a porcentagem de umidade e SLA, obtiveram uma pequena diferença entre as invasoras e nativas. O teor de umidade foi maior para as espécies nativas (invasoras = $38,05 \pm 22,90\%$; nativas = $55,22 \pm 18,86\%$; $p<0,01$; Fig. 4B), enquanto que o SLA foi maior para o grupo de espécies invasoras (invasoras = $159,01 \pm 55,47 \text{ mm}^2/\text{mg}$; nativas = $57,16 \pm 47,39 \text{ mm}^2/\text{mg}$; $p<0,01$; Fig. 4C).

A temperatura máxima de queima também diferiu entre os grupos (invasoras = $322,16 \pm 130,90^\circ\text{C}$; nativas = $400,68 \pm 88,64^\circ\text{C}$; $p<0,01$; Fig. 4D). A similaridade entre as invasoras e as nativas deveu-se ao fato dos componentes da inflamabilidade (Biomassa queimada, invasoras = $91,5 \pm 10,40\%$; nativas = $93,5 \pm 15,98\%$; $p=0,89$; Fig. 4E; e Taxa de queima, invasoras = $0,85 \pm 0,32 \text{ cm/s}$; nativas = $0,79 \pm 0,43 \text{ cm/s}$; $p=0,64$; Fig. 4F) não terem variado entre os grupos.

Figura 3: Inflamabilidade dos grupos de gramíneas invasoras e nativas (A). inflamabilidade das espécies, AJ (*Aristida jubata*), MR (*Melinis repens*), MM (*Melinis minutiflora*), AG (*Andropogon guayanus*), AS (*Sporobulos aeneus*), AB (*Andropogon bicornis*), UB (*Urochloa brizantha*) e GF (*Gymnopogon foliosus*, B), amostrada em uma área de campo sujo da Estação Ecológica de Itirapina-SP. Boxplot representa a mediana e o 1° e 3° quartil, e as cores cinza e branco representam o grupo de espécies nativa e invasora respectivamente.



A biomassa morta entre as espécies, apresentou uma leve variação, onde observamos que o maior (*Sporobolus aeneus* $56,54 \pm 6,47$; AS, Fig. 5A) e o menor (*Gymnopogon foliosus* 100 ± 0 ; GF, Fig. 5A) valor foram representados por espécies nativas, mas todas apresentaram mais de 50%. Em contrapartida, a umidade e a SLA apresentaram grande variação entre as espécies (Fig. 5 B e C).

A temperatura máxima de queima ficou concentrada em torno de 400°C para todas as espécies, exceto *Melinis repens*, que apresentou a menor temperatura ($188,83 \pm 54,80^{\circ}\text{C}$; MR, Fig. 5D). Em contraste, *Andropogon gayanus* apresentou a maior temperatura ($454,6 \pm 101,58^{\circ}\text{C}$; AG, Fig. 5D). De modo geral, os atributos analisados neste trabalho apresentaram uma pequena variabilidade entre as espécies, com exceção da quantidade de biomassa queimada (Fig. 5E), onde todas as espécies queimaram mais de 90% de sua biomassa vegetal. Por fim, a taxa de queima foi outra variável que apresentou grande diferença entre as espécies (Fig. 5F).

Os eixos da PCA explicaram 81% da variação entre os pontos (Figura 6), assim como mostraram uma separação entre os grupos estudados. Conseguimos observar que as espécies invasoras estão mais relacionadas a maiores valores de SLA, enquanto que as espécies nativas, a maiores teores de umidade e quantidade de biomassa morta.

Figura 4: Atributos morfológicos de espécies nativas e invasoras: Biomassa morta (%), umidade (%), e SLA (área foliar específica, mm²/mg, C) de gramíneas invasoras e nativas. Atributos de inflamabilidade de espécies nativas e invasoras: temperatura máxima (°C, D), porcentagem de biomassa queimada (%), E) e Taxa de queima (cm/s, F) amostrados em uma área de campo sujo da Estação Ecológica de Itirapina-SP. Boxplots representam a mediana e o 1° e 3° quartil, e as cores cinza e branco representam o grupo de espécies nativa e invasora respectivamente.

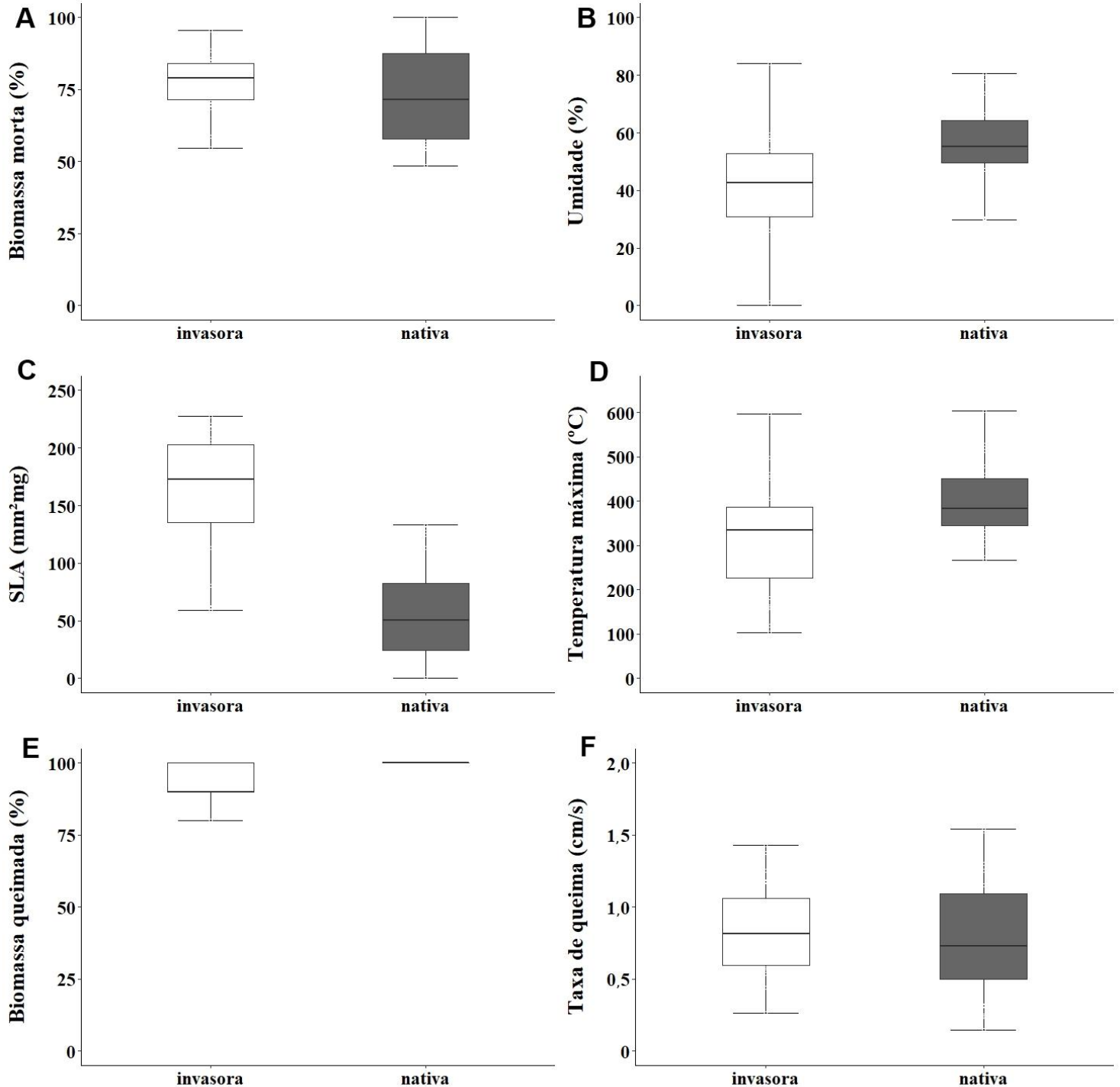


Figura 5: Atributos morfológicos das espécies AJ (*Aristida jubata*), MR (*Melinis repens*), MM (*Melinis minutiflora*), AG (*Andropogon guayanus*), AS (*Sporobolus aeneus*), AB (*Andropogon bicornis*), UB (*Urochloa brizantha*) e GF (*Gymnopogon foliosus*): Biomassa morta (%), A), Umidade (%), B) e SLA (área foliar específica, mm²/mg, C) de gramíneas invasoras e nativas. Atributos de inflamabilidade das mesmas espécies: Temperatura máxima (°C, D), porcentagem de biomassa queimada (%), E) e Taxa de queima (cm/s, F) amostradas em uma área de campo sujo da Estação Ecológica de Itirapina-SP. Boxplots representam a mediana e o 1º e 3º quartil e as cores cinza e branca representam as espécies nativas e invasoras respectivamente.

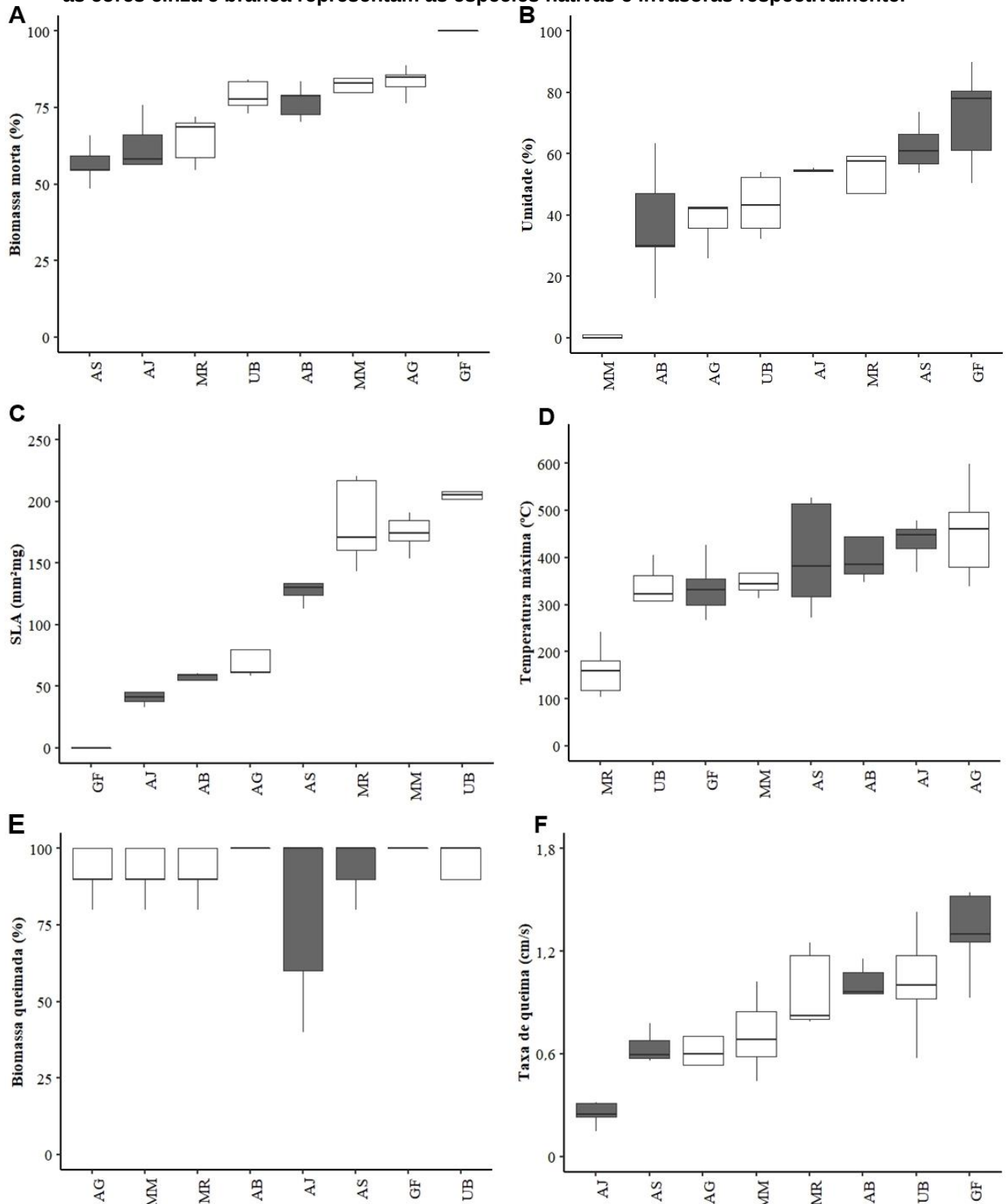
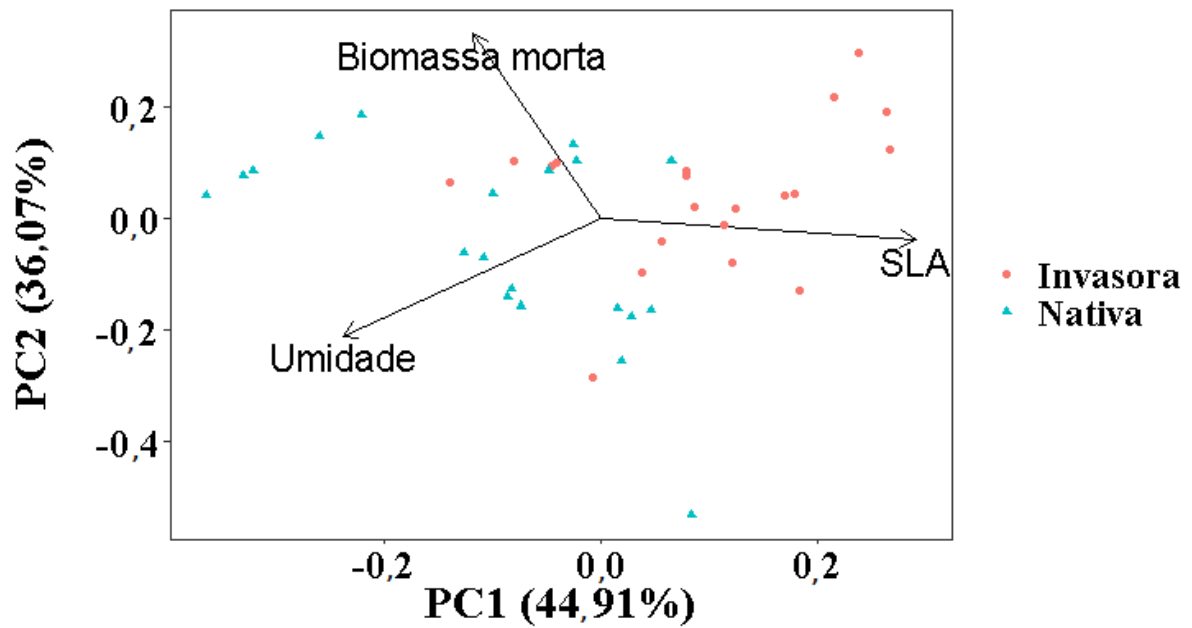


Figura 6: Análise de componentes principais (PCA) dos atributos morfológicos, biomassa morta, umidade e SLA (área foliar específica) de cada indivíduo dos grupos de gramíneas nativas e invasoras, amostradas em uma área de campo sujo da Estação Ecológica de Itirapina, SP.



4 Discussão

As gramíneas são o grupo funcional mais importante para a ocorrência de fogo no Cerrado, pois elas compõem a maior parte do material combustível de ecossistemas abertos (RISSI et. al., 2017). Assim, as invasões por gramíneas africanas são uma grande preocupação nesses ecossistemas, uma vez que são capazes de alterar o comportamento e as variáveis do fogo, podendo interferir diretamente na sua intensidade e ocorrência (GORGONE-BARBOSA et. al., 2015; BROOKS et. al., 2004). Podemos associar a inflamabilidade de um sistema com a qualidade e a quantidade do material combustível presente nele. A biomassa morta e a umidade são os atributos vegetais que mais a influenciam, por serem capazes de modificar o comportamento do fogo e a duração da queima (SIMPSON et. al., 2016; PAUSAS et. al., 2017). Deste modo, podemos dizer que espécies com menor teor de umidade e maior acúmulo de biomassa morta tendem a serem mais inflamáveis (PAUSAS et. al., 2017; SIMPSON et. al., 2016).

Neste trabalho, nossos dados mostraram que o grupo de espécies invasoras possui a mesma inflamabilidade das espécies nativas. Esse resultado não corrobora nossa hipótese, pois devido à alta produção de biomassa e à capacidade de reter folhas mortas por muito tempo (HE, LAMONT & DOWNES, 2011), esperávamos que gramíneas invasoras fossem mais inflamáveis, o que não foi visto. Constatamos que a quantidade de biomassa morta entre os grupos foi semelhante, assim como o teor de umidade. Desta forma, esses dados podem ser associados à semelhança da inflamabilidade entre os dois grupos, visto que são os atributos que mais a influenciam (ZANZARINI, 2019).

Além disso, outro aspecto importante relacionado à inflamabilidade das plantas são os atributos foliares, como dimensão, forma e tamanho das folhas (BOWMAN et. al., 2014). Em ecossistemas propensos a fogo, espécies que possuem um SLA maior, são mais inflamáveis, pois em virtude de suas folhas finas e longas (alta área foliar específica), acabam aumentando a capacidade de ignição da planta (BOWMAN et. al., 2014; GILL e MOORE, 1996). Sendo essa capacidade facilitada ainda mais em plantas que retêm as folhas por muito tempo (GILL e MOORE, 1996), como as gramíneas. No presente estudo, foi possível observar que o grupo das gramíneas invasoras teve maiores valores de SLA, em relação às nativas. Assim, mesmo que as invasoras não sejam mais inflamáveis, elas podem

possuir uma maior capacidade de ignição que as nativas, devido sua maior SLA (GILL & MOORE, 1996; BOWMAN et. al., 2014).

Os resultados de temperatura máxima obtidos neste trabalho, também foram significativos. Como pudemos observar (Figura 4 e 5), todas as espécies apresentaram uma alta temperatura durante a queima, com exceção da *Melinis repens*. Tal resultado pode ser vinculado aos mais de 50% de biomassa morta encontrada em todas as espécies, o que fez com que queimassem bem durante os experimentos e atingissem altas temperaturas. Esses dados são corroborados pelos resultados encontrados para outras espécies de gramíneas avaliadas no meio da estação seca na Reserva Natural da Serra do Tombador. No trabalho de ZANZARINI (2019), constatou-se temperaturas superiores a 300°C para as gramíneas na estação seca, assim como foi observado que as mesmas são o grupo de espécies de plantas que atingem as maiores temperaturas de queima em qualquer estação do ano.

A sazonalidade é um fator presente nas savanas que devemos destacar. A quantidade e a qualidade de material combustível variam desde a estação chuvosa até o fim da seca, afetando o comportamento do fogo nestes locais (RISSI et. al., 2017). A biomassa das plantas acumulada durante o período chuvoso começa a secar na estação seca e assim aumentam as probabilidades de ocorrência de incêndios (PAUSAS et. al., 2017; RISSI et. al., 2017). Associado a isso, quanto maior o acúmulo de biomassa morta, maior é a sustentabilidade da queima (SIMPSON et. al., 2016). Deste modo, podemos dizer que devido ao fato de as espécies terem sido coletadas no final da estação seca, todas as espécies apresentaram uma grande quantidade de biomassa morta, o que pode ter influenciado os resultados de inflamabilidade.

Contudo, observamos neste trabalho que, com exceção da porcentagem de biomassa queimada, todos os atributos medidos variaram muito entre as espécies. Por exemplo, as espécies que apresentaram o maior e o menor índice de inflamabilidade foram nativas (*Gymnopogon foliosus* e *Aristida jubata*, respectivamente). Na taxa de queima e na quantidade de biomassa morta, houve uma variação entre as espécies, apesar de também não termos encontrado relação entre os grupos. Os outros atributos analisados (SLA, umidade e temperatura máxima) apresentaram variação entre as espécies, e também de entre os grupos invasoras e nativas (Fig. 5). Assim, podemos dizer que as variáveis avaliadas estão

mais relacionadas a identidade das espécies, independentemente de pertencerem ao grupo nativa ou invasora, não corroborando com nossa hipótese inicial, de que haveria diferenças entre os grupos.

Outras variáveis que não foram avaliadas neste trabalho também poderiam influenciar a inflamabilidade, como arquitetura das plantas e a quantidade de óleos essenciais presentes nelas. Por exemplo, ao possuírem uma arquitetura bem aerada, que ajuda a ter uma melhor circulação de oxigênio nas touceiras, as gramíneas invasoras poderiam facilitar a propagação das chamas (BOWMAN et. al., 2014; WRAGG et. al., 2018; SCHWILK, 2003). Em contrapartida, as espécies nativas, como o *Sporobolus aeneus*, podem não apresentar touceiras aeradas, evitando a circulação de oxigênio, fazendo com que sejam menos inflamáveis (ZANZARINI, 2019). Além disso, assim como a arquitetura das plantas é um fator capaz de interferir diretamente na inflamabilidade dos sistemas, outras perguntas podem também ser explicadas ao nível de comunidade, como por exemplo a interferência microclimática que espécies invasoras podem causar na comunidade (DE ASSIS, 2017).

As gramíneas invasoras causam mudanças estruturais nas comunidades que afetam os diferentes grupos funcionais de plantas, principalmente no estrato herbáceo-subarbustivo (DAMASCENO et. al., 2018; D'ANTONIO & VITOUSEK, 1992). Dessa forma, as alterações que as gramíneas invasoras fazem nas características do fogo no Cerrado podem estar mais ligadas ao nível de comunidade do que ao nível individual das plantas (GORGONE-BARBOSA et al., 2015). Deste modo, no nível da planta, não há diferença entre a inflamabilidade de grupos de gramíneas invasoras e nativas, conforme encontramos neste trabalho. Desta forma, a inflamabilidade do sistema deve estar mais relacionada com a identidade das espécies, do que de fato a qual grupo ela pertence: invasoras ou nativas.

5 Conclusão

Com base nos resultados obtidos e apresentados neste trabalho, podemos concluir que todas as espécies estudadas queimam bem nesta época do ano (final da estação seca). Também podemos concluir que existe uma heterogeneidade nos atributos medidos entre as espécies, independentemente da presença ou não das invasoras. Logo, estudos a nível de comunidade e levando em consideração outros fatores como a sazonalidade do Cerrado, e outros atributos vegetais são importantes para compreendermos melhor como as gramíneas invasoras podem diferir das nativas e conseguir afetar o regime de fogo desses ecossistemas.

6 Referências

- ANDERSON, H. E. Forest fuel ignitability. **Fire technology**, v. 6, n. 4, p. 312-319, 1970.
- BARBOSA, Elizabeth Gorgone. A relação entre fogo e uma gramínea invasora no Cerrado: O fogo pode ser utilizado como uma estratégia de controle?. 2016.
- Base de dados de espécies exóticas invasoras do Brasil, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis – SC. Disponível em: <http://bd.institutohorus.org.br/www>. Acesso em (16/07/2020).
- BOND, William J.; WOODWARD, F. Ian; MIDGLEY, Guy F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New phytologist**, v. 165, n. 2, p. 525-538, 2005.
- BOND, William J.; MIDGLEY, Jeremy J. Kill thy neighbour: an individualistic argument for the evolution of flammability. **Oikos**, p. 79-85, 1995.
- BOND, W. J., & VAN WILGEN, B. W. Fire and plants. **Population and Community Biology Series 14**, 1996.
- BOWMAN, David MJS; FRENCH, Ben J.; PRIOR, Lynda D. Have plants evolved to self-immolate?. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 590, 2014.
- BROOKS, Matthew L. et al. Effects of invasive alien plants on fire regimes. **BioScience**, v. 54, n. 7, p. 677-688, 2004.
- CARMO, AB do; VASCONCELOS, Heraldo L.; ARAÚJO, GM de. Estrutura da comunidade de plantas lenhosas em fragmentos de cerrado: relação com o tamanho do fragmento e seu nível de perturbação. **Brazilian Journal of Botany**, v. 34, n. 1, p. 31-38, 2011.
- CONCIANI, Dhemerson. Ocorrência de fogo no cerrado: uma abordagem de longo prazo usando sensoriamento remoto. 2017.
- COUTINHO, Leopoldo Magno. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: **Fire in the tropical biota**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1990. p. 82-105.
- DAMASCENO, Gabriella et al. Impact of invasive grasses on Cerrado under natural regeneration. **Biological Invasions**, v. 20, n. 12, p. 3621-3629, 2018.
- D'ANTONIO, Carla M.; VITOUSEK, Peter M. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. **Annual review of ecology and systematics**, v. 23, n. 1, p. 63-87, 1992.
- D'ANTONIO, Carla M.; TUNISON, J. Timothy; LOH, Rhonda K. Variation in the impact of exotic grasses on native plant composition in relation to fire across an elevation gradient in Hawaii. **Austral Ecology**, v. 25, n. 5, p. 507-522, 2000.

DE ASSIS, Geissianny Bessão. **Invasão do campo cerrado por braquiária (*Urochloa decumbens*): perdas de diversidade e técnicas de restauração**. 2017. Tese de Doutorado. PhD Thesis: Jardim Botânico do Rio de Janeiro & Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro.

FREIFELDER, Rachel R.; VITOUSEK, Peter M.; D'ANTONIO, Carla M. Microclimate Change and Effect on Fire Following Forest-Grass Conversion in Seasonally Dry Tropical Woodland 1. **Biotropica**, v. 30, n. 2, p. 286-297, 1998.

GILL, Arthur Malcolm; MOORE, Peter HR. **Ignitability of leaves of Australian plants**. Canberra: CSIRO, 1996.

GORGONE-BARBOSA, Elizabeth et al. How can an invasive grass affect fire behavior in a tropical savanna? A community and individual plant level approach. **Biological Invasions**, v. 17, n. 1, p. 423-431, 2015.

HE, Tianhua; LAMONT, Byron B.; DOWNES, Katherine S. Banksia born to burn. **New Phytologist**, v. 191, n. 1, p. 184-196, 2011.

JAUREGUIBERRY, Pedro; BERTONE, Gustavo; DIAZ, Sandra. Device for the standard measurement of shoot flammability in the field. **Austral Ecology**, v. 36, n. 7, p. 821-829, 2011.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

MASON, T. J.; FRENCH, K.; LONSDALE, W. M. Do graminoid and woody invaders have different effects on native plant functional groups?. **Journal of Applied Ecology**, v. 46, n. 2, p. 426-433, 2009.

MUTCH, Robert W. Wildland Fires and Ecosystems--A Hypothesis. **Ecology**, v. 51, n. 6, p. 1046-1051, 1970.

PADULLÉS CUBINO, Josep et al. Community-level flammability declines over 25 years of plant invasion in grasslands. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 4, p. 1582-1594, 2018.

PAUSAS, Juli G.; KEELEY, Jon E. A burning story: the role of fire in the history of life. **Bioscience**, v. 59, n. 7, p. 593-601, 2009.

PAUSAS, Juli G.; MOREIRA, Bruno. Flammability as a biological concept. 2012.

PAUSAS, Juli G.; KEELEY, Jon E.; SCHWILK, Dylan W. Flammability as an ecological and evolutionary driver. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 2, p. 289-297, 2017.

PIVELLO, Vânia Regina et al. Abundance and Distribution of Native and Alien Grasses in a "Cerrado"(Brazilian Savanna) Biological Reserve 1. **Biotropica**, v. 31, n. 1, p. 71-82, 1999.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany** 61: 167-234. 2013.

PIVELLO, Valéria R. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. **Ecologia. info**, v. 33, 2011.

RISSI, Mariana Ninno et al. Does season affect fire behaviour in the Cerrado?. **International Journal of Wildland Fire**, v. 26, n. 5, p. 427-433, 2017.

ROSSITER, Natalie A. et al. Testing the grass-fire cycle: alien grass invasion in the tropical savannas of northern Australia. **Diversity and distributions**, v. 9, n. 3, p. 169-176, 2003.

SAURA-MAS, S. et al. Fuel loading and flammability in the Mediterranean Basin woody species with different post-fire regenerative strategies. **International Journal of Wildland Fire**, v. 19, n. 6, p. 783-794, 2010.

SCARFF, F. R.; WESTOBY, M. Leaf litter flammability in some semi-arid Australian woodlands. **Functional Ecology**, v. 20, n. 5, p. 745-752, 2006.

SCHWILK, Dylan W. Dimensions of plant flammability. **New Phytologist**, v. 206, n. 2, p. 486-488, 2015.

SIMON, Marcelo F. et al. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 48, p. 20359-20364, 2009.

SIMPSON, Kimberley J. et al. Determinants of flammability in savanna grass species. **Journal of Ecology**, v. 104, n. 1, p. 138-148, 2016.

SNYDER, James R. The role of fire: Mutch ado about nothing?. **Oikos**, p. 404-405, 1984.

TEAM, R. Core et al. R: A language and environment for statistical computing. Retrieved from <https://www.r-project.org>, 2013.

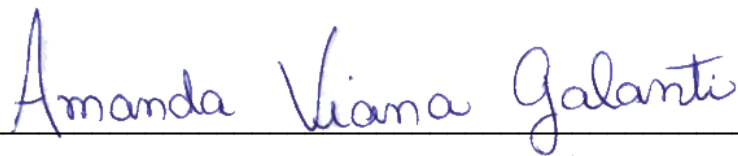
WRAGG, Peter D.; MIELKE, Troy; TILMAN, David. Forbs, grasses, and grassland fire behaviour. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 5, p. 1983-2001, 2018.

WEINER, Jacob. Asymmetric competition in plant populations. **Trends in ecology & evolution**, v. 5, n. 11, p. 360-364, 1990.

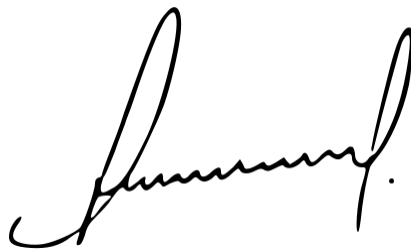
ZANCHETTA, D. et al. Plano de Manejo Integrado-Estações Ecológica e Experimental de Itirapina. **Instituto Florestal, São Paulo CAPÍTULO**, v. 1, 2006.

ZANZARINI, Vagner. Inflamabilidade de espécies do estrato herbáceo do Cerrado. 2019.

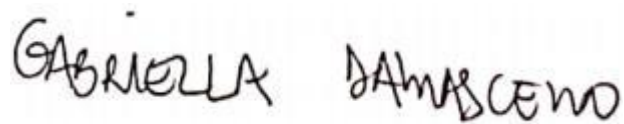
Rio Claro, 17 de agosto de 2020



Amanda Viana Galanti



Alessandra Fidelis



Gabriella Damasceno