



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

SIMULAÇÃO DE DIFERENTES REGIMES DE TEMPERATURAS: UMA HIPÓTESE
PARA EXPLICAR A PERDA DE DORMÊNCIA FÍSICA DAS SEMENTES E A
OCORRÊNCIA REGIONAL E GLOBAL DA INVASORA *LEUCAENA LEUCOCEPHALA*

DÉBORA IARA LIMA BODEVAN

BELO HORIZONTE

2016

DÉBORA IARA LIMA BODEVAN

SIMULAÇÃO DE DIFERENTES REGIMES DE TEMPERATURAS: UMA HIPÓTESE
PARA EXPLICAR A PERDA DE DORMÊNCIA FÍSICA DAS SEMENTES E A
OCORRÊNCIA REGIONAL E GLOBAL DA INVASORA *LEUCAENA LEUCOCEPHALA*

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de
Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira Ambiental e
Sanitarista.

Orientadora: Prof. Dra. Andréa Rodrigues Marques Guimarães

Coorientador: Prof. Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho

BELO HORIZONTE

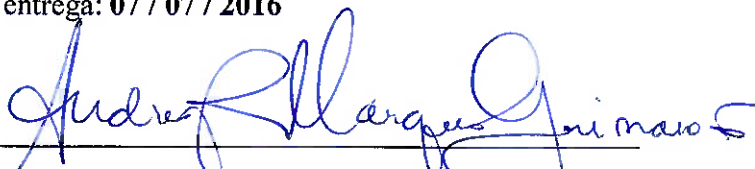
2016

DÉBORA IARA LIMA BODEVAN

SIMULAÇÃO DE DIFERENTES REGIMES DE TEMPERATURAS: UMA HIPÓTESE
PARA EXPLICAR A PERDA DE DORMÊNCIA FÍSICA DAS SEMENTES E A
OCORRÊNCIA REGIONAL E GLOBAL DA INVASORA *LEUCAENA LEUCOCEPHALA*

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de
Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira Ambiental e
Sanitarista.

Data de entrega: 07 / 07 / 2016



Andréa Rodrigues Marques Guimarães – Presidente da Banca Examinadora

Professora Doutora do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais –
Orientadora



Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho

Professor Doutor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais –
Coorientador



Serviço Público Federal – Ministério da Educação
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENGENHARIA
AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ATA DE DEFESA FINAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

Aos 29 dias do mês de Junho de 2016, no *campus* I do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, reuniram-se os professores **Andréa Rodrigues Marques Guimarães, Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho, Daniel Brianezi e Ailton G. Rodrigues Júnior**, para participarem da banca de avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado *“Simulação de diferentes regimes de temperaturas: uma hipótese para explicar a perda de dormência física das sementes e a ocorrência regional e global da invasora Leucaena leucocephala”* de autoria do(a) aluno(a) **Débora Iara Lima Bodevan**, do curso de Engenharia de Materiais. Uma vez avaliado, o trabalho foi declarado:

☒ Aprovado.

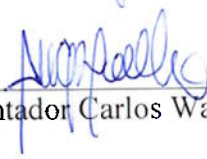
☐ Reprovado.

Belo Horizonte, 29 de Junho de 2016.

Banca Examinadora:



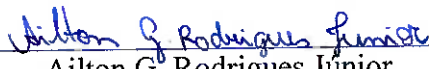
Prof. Orientador Andréa Rodrigues Marques Guimarães



Prof. Co-Orientador Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho



Prof. Daniel Brianezi



Ailton G. Rodrigues Júnior

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelas misericórdias renovadas a cada manhã; à família, pela confiança e investimento; à Andréa e ao Carlos, pelo apoio, incentivo e conhecimentos compartilhados; e ao CEFET MG, pelo suporte material e físico concedido.

RESUMO

BODEVAN *et al.*, Simulação de diferentes regimes de temperaturas: uma hipótese para explicar a perda de dormência física das sementes e a ocorrência regional e global da invasora *Leucaena leucocephala*. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

A *Leucaena leucocephala* é uma espécie exótica e invasora em vários ecossistemas brasileiros cujas sementes apresentam dormência física. Sabe-se que esta espécie ocorre em regiões do mundo com diferentes condições climáticas como Austrália (desértico – BWh e temperado marítimo – Cfb); Europa (temperado mediterrâneo – Csa); ilhas oceânicas do Atlântico, Caribe, Pacífico e oceano Índico Ocidental (tropical continental – Aw e tropical de altitude – Cwa); Taiwan (subtropical – Cfa); Ilhas Ogasawara no Japão (subtropical – Cfa) e Brasil (tropical de altitude – Cwa, Cwb). Embora seja amplamente distribuída, ainda não se conhece o fator ambiental responsável por promover a superação da dormência física de suas sementes. A hipótese é que amplas variações de temperatura no solo podem aumentar as chances de formação do *water gap* e, assim, promover a superação da dormência. O estudo teve por objetivo identificar o melhor regime de temperatura capaz de aliviar a dormência física das sementes de *L. leucocephala*, as características do habitat e de uso e ocupação do solo em áreas urbanas que mais levaram ao estabelecimento da espécie no local, e também mapear sua distribuição na área de estudo utilizando SIG. Amostras de 25 sementes dentro de sacos de nylon foram enterradas na areia durante seis meses e submetidas aos seguintes regimes de temperatura simulando os tipos de climas onde a espécie ocorre: estação fria (0 – 15°C), seco e úmido, e estação quente (25 – 40°C), seco e úmido; também outras amostras de 25 sementes, durante oito meses, foram submetidas ao regime de temperatura e umidade simulando o clima de BH. A porcentagem de germinação de sementes de todas as simulações não ultrapassou 25%, exceto para a simulação do clima temperado mediterrâneo (Csa), cuja temperatura variou dos 15°C aos 45°C, alcançando 62% de germinação. Também para a simulação do clima de BH os resultados mostraram que não houve superação da dormência física das sementes (~15% de germinação). Os resultados indicaram que apenas uma grande variação no regime de temperatura combinada à variação de umidade pode superar a dormência das sementes de *L. leucocephala*, fazendo com que o *water gap* se abra e permitindo a germinação. Essa porcentagem de germinação não explica sua distribuição geográfica. A expansão da *L. leucocephala* em BH e em outros locais possivelmente ocorreu devido aos 15% de sementes não dormentes combinadas à grande quantidade de sementes liberadas por ano. A distribuição espacial regional da espécie mostrou que esta ocorre principalmente em locais secos e quentes, nas bordas de florestas secundárias, nas margens dos rios canalizados e na beira de estradas.

Palavras-chaves: espécie exótica, germinação, tipos climáticos, distribuição espacial, SIG.

ABSTRACT

BODEVAN et al., Seed responses to temperature regimes: an attempting to explain the loss of physical dormancy and geographic distribution of invasive *Leucaena leucocephala* in worldwide. 2016. Monograph (Graduate) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

Leucaena leucocephala is an alien and invasive species in several Brazilian ecosystems whose its seeds show physical dormancy. This species is knowing to occur in regions of the world with different climatic conditions, such as Australia (dry arid – BWh and marine west coast – Cfb); Europe (warm mediterranean – Csa); oceanic islands of the Atlantic, Caribbean, Pacific and Western Indian Ocean (tropical wet and dry – Aw and tropical – Cwa); Taiwan (humid subtropical – Cfa); Japan Islands – Ogasawara (humid subtropical – Cfa); and Brazil (tropical – Cwa, Cwb). Although it is widely distributed, still do not known what environmental factor is responsible for promoting the loss of seed physical dormancy. The hypothesis is that wide changes in temperature in the soil can increase the chances of forming the water gap and thus promote dormancy loss. The study aimed to identify the best temperature regime able to relieve the physical dormancy of *L. leucocephala* seeds, the habitat and soil use and occupation characteristics in urban areas that most led to species establishment on site, and also to map its distribution in the study area using GIS. Samples of 25 seeds inside nylon bags were buried in the sand for six months and submitted to the following temperature regimes simulating the climates types where the species occurs: cold season (0 – 15°C), dry and wet, and warm season (25 – 40°C), dry and wet; also other samples of 25 seeds, during eight months, were submitted to the temperature and moisture regime simulating the climate of BH. The germination percentage of seeds from all simulations did not exceed 25%, except for the warm mediterranean (Csa) simulation, whose temperature ranged from 15°C to 45°C, reaching 62% germination. Also for BH climate simulation results showed that there was no physical dormancy break of seeds (~ 15% germination). The results indicated that only a wide change in temperature regimes combined with dry/wet moisture transition can relieve seed dormancy of *L. leucocephala*, causing the water gap to open and allowing germination to occur. This percentage of seed germination does not explain its geographic distribution. The expansion of *L. leucocephala* in BH and in other locations possibly occurred due to the 15% of non-dormant seeds combined with the large amount of seeds released per year. The regional spatial distribution of the species showed that it occurs mainly in dry and warm sites, on the edges of secondary forests, on the margins of the channeled rivers and on the edge of roads.

Keywords: alien species, germination, climate types, spatial distribution, GIS.

LISTA DE FIGURAS

Fig 1 Local de coleta das sementes.	22
Fig 2 Esquema experimental mostrando as condições de temperatura média e umidade durante os seis meses de armazenamento das sementes para cada clima simulado. Os diagramas climáticos apresentam as médias pluviométricas (barras azuis) e de temperaturas (linha vermelha).....	23
Fig 3 Localização geográfica da Regional Pampulha na cidade de Belo Horizonte (A); adensamento da espécie no local de coleta das sementes (B) e detalhe da inflorescência (C) da <i>Leucaena leucocephala</i>	25
Fig 4 Descrição das diferentes características utilizadas para classificação do ambiente.....	26
Fig 5 Porcentagem de germinação das sementes de <i>Leucaena leucocephala</i> para cada clima simulado. W – wet (substrato úmido), D – dry (substrato seco).....	28
Fig 6 Valores da germinação das sementes de <i>Leucaena leucocephala</i> no campo e no laboratório (A); sementes desaparecidas em campo e danificadas (deterioradas, predadas ou desaparecidas) em laboratório (B); viabilidade das sementes (C); precipitação (barras azuis) e temperaturas máxima (linha vermelha) e mínima (linha verde) referentes aos meses do experimento no campo (dados de Marques et al., 2014) (D).	29
Fig 7 Frequência de ocorrência da <i>Leucaena leucocephala</i> nas classes – habitat, paisagem e áreas degradadas – com diferentes características ambientais e de uso e ocupação do solo.	30
Fig 8 Regiões de vegetação natural realçadas em vermelho e distribuição espacial (quadrados) da <i>Leucaena leucocephala</i> na Regional Pampulha.	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aw – Clima Tropical Continental (Tropical Wet and Dry)

BH – Belo Horizonte

BWh – Clima Desértico (Dry Arid)

CD – sementes Condicionalmente Dormentes

CEFET MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Cfa – Clima Subtropical (Humid Subtropical), Clima Temperado Continental (Temperate Continental)

Cfb – Clima Temperado Marítimo (Marine West Coast)

Csa – Clima Temperado Mediterrâneo (Warm Mediterranean)

Cwa, Cwb – Clima Tropical de Altitude (Tropical)

D – sementes Dormentes

Fig. – Figura

GISD – Global Invasive Species Database

MG – Minas Gerais

ND – sementes Não Dormentes

PY – Dormência Física

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

RP – Regional Pampulha

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SPOT – Satellite Pour L'observation de la Terre

SR – Sensoriamento Remoto

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

SUMÁRIO

Introdução	12
Referencial teórico	14
<i>Plantas exóticas e invasoras: uma abordagem sobre seus bancos de sementes</i>	<i>14</i>
<i>A espécie Leucaena leucocephala (Fabaceae): características biológicas e seu potencial invasor.....</i>	<i>16</i>
<i>Distribuição de Leucaena leucocephala pelo mundo.....</i>	<i>18</i>
<i>Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas aplicados ao mapeamento de Leucaena leucocephala</i>	<i>19</i>
Materiais e métodos.....	20
Resultados.....	28
Discussão.....	31
Conclusões	34
Referências	34

Introdução

A presença de indivíduos de espécies exóticas em qualquer ambiente representa uma preocupação para o manejo ambiental (Santana & Encinas, 2011) e, por isso, é importante discutir e avaliar os seus impactos sobre as nativas (Leung *et al.*, 2002). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (Fabaceae: Mimosoideae) (leucena) é uma espécie originária do México e da América Central que tem sido identificada como uma espécie exótica e invasora, principalmente em áreas degradadas nas regiões tropicais e subtropicais (GISD - *Global Invasive Species Database*). A espécie foi listada como uma das 100 piores exóticas e invasoras do mundo (Lowe *et al.*, 2000) e como uma das 40 espécies de angiospermas com maior capacidade de invasão (Rejmánek & Richardson, 1996).

A invasão biológica da *L. leucocephala* é difusa e indiferente às condições climáticas e geográficas (Lu *et al.*, 2013). Países de regiões tropicais (latitudes 23°N – 23°S), como o Brasil, possuem habitats favoráveis para essa espécie devido ao clima e ao solo suscetível à sua propagação (Lorenzi, 2008). Além disso, a ausência de competidores, predadores e parasitas proporciona à *L. leucocephala* vantagens competitivas em relação às espécies nativas (Blumenthal, 2005). De acordo com Yoshida & Oka (2004) a recuperação da biodiversidade e da estrutura de florestas nativas é muito mais lenta em áreas ocupadas do que em áreas não ocupadas por esta espécie.

A invasão de espécies está frequentemente relacionada à alta taxa de produção de sementes e a sua acumulação no solo, formando bancos de sementes que devem ser reduzidos para o sucesso do controle dessas espécies (Richardson & Kluge, 2008; Marchante *et al.*, 2010). Marques *et al.* (2014) sugerem que a *L. leucocephala* esteja entre as espécies invasoras que liberam grande número de sementes, sendo capaz de formar um banco persistente no qual mais de 80% das sementes permanecem viáveis após dois anos enterradas. A dormência física (PY) causada pela impermeabilização do tegumento da semente é um fator importante no sucesso da formação do banco de sementes no solo (Degreef *et al.*, 2002). De acordo com Gama-Arachchige *et al.* (2013) a PY tem sido referida em 18 famílias de angiospermas, sendo comum em três subfamílias de Fabaceae (Caesalpinoideae, Mimosoideae and Faboideae), com uma significativa longevidade no solo. A superação da PY em Fabaceae tem sido relacionada à formação da lente (*water gap*) no tegumento que reveste a semente e que permite a umidade alcançar o embrião (Baskin & Baskin, 2003).

Germinação e dormência são fatores chave no ciclo de vida de uma planta e refletem importantes estratégias de sobrevivência em populações naturais (Fenner & Thompson, 2005). O clima exerce forte influência sobre a dinâmica de germinação e dormência das sementes (Walck *et al.*, 2011) e um aumento na temperatura média do ar pode significar um aumento na temperatura do solo (Ooi *et al.*, 2009; 2012). A variação da temperatura do solo pode promover a formação do *water gap* no tegumento das sementes e alterar a persistência do banco de sementes, principalmente para espécies que apresentam PY (Ooi, 2012). Nas regiões com climas onde ocorrem mudanças de temperatura capazes de promover a superação da PY, a dinâmica de persistência do banco de sementes pode ser alterada, comprometendo a continuação da espécie no local (Ooi *et al.*, 2009). As mudanças de temperatura também poderiam explicar a distribuição da espécie, pois a germinação somente ocorre nos locais onde as condições ambientais são propícias para a superação da PY e para o desenvolvimento da plântula (Baskin *et al.*, 2004; Gama-Arachchige *et al.*, 2012).

A *Leucaena leucocephala* possui um potencial invasor para se expandir nas áreas vizinhas de onde atualmente se distribui por dispersar grande número de sementes. De acordo com Marques *et al.* (2014), um grupo de 50 indivíduos produzem cerca de 5500 sementes/m² por ano. Deste montante, em torno de 10 a 15% das sementes germinarão assim que liberadas da planta mãe. Por isso, o monitoramento da *L. leucocephala* torna-se importante para acompanhar a extensão da dispersão dessa espécie, visando minimizar ou, até mesmo, limitar os riscos de invasão. Vários estudos têm utilizado diferentes técnicas de aplicação do Sensoriamento Remoto (SR) e do Sistema de Informações Geográficas (SIG) para identificar e mapear as espécies invasoras (Shepherd & Dymond, 2000; Everitt *et al.*, 2001; Somodi *et al.*, 2012; Müllerová *et al.*, 2013). As técnicas podem permitir acompanhar a disseminação e o desenvolvimento espacial da espécie ao longo do tempo e identificar a preferência de habitat (Joshi *et al.*, 2004; Kimothi & Dasari, 2010; Somodi *et al.*, 2012; Müllerová *et al.*, 2013). Além disso, são de fácil aplicação e oferecem grande variedade e tipos de dados.

Na intenção de contribuir para o entendimento da disseminação da *L. leucocephala* regionalmente e globalmente, algumas questões foram levantadas: a) Quais são as condições de temperatura e umidade que podem promover a superação da dormência física nas sementes de *L. leucocephala* e possibilitar sua germinação no solo?; b) Existe uma relação entre o tipo de clima (temperaturas e pluviosidades) dos locais onde a espécie ocorre e a superação da dormência das sementes que possa explicar a sua capacidade de invasão globalmente?; c) A distribuição espacial dos indivíduos adultos de *L. leucocephala* apresenta-se correlacionada com algum tipo de ambiente específico? Para tanto, foram realizados experimentos de

incubação das sementes, as quais foram submetidas às diferentes simulações de clima, e a partir da utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e mapeamento quantificou-se a ocorrência da *L. leucocephala* em diferentes habitats.

Referencial teórico

Plantas exóticas e invasoras: uma abordagem sobre seus bancos de sementes

Espécies exóticas invasoras são aquelas que se estabelecem em ecossistemas naturais ou manejados pelo homem, oriundas de outras regiões, e que posteriormente se alastram, passando a dominar o ambiente e a causar danos às espécies nativas e ao funcionamento dos ecossistemas (Pivello, 2005). O conceito de espécie invasora tem sido grandemente discutido na literatura (Richardson *et al.*, 2000; Daehler, 2001; Davis & Thompson, 2001; Rejmánek *et al.*, 2002), sem haver um acordo entre os variados autores. A definição melhor aceita é a que conceitua como invasora uma espécie cuja população se expanda sobre ecossistemas nos quais não ocorre naturalmente, reduzindo a abundância e/ou deslocando espécies nativas, podendo alterar o funcionamento do ecossistema natural (Vitousek, 1986; Schofield, 1989). Outra definição, segundo Mack *et al.* (2000), afirma que espécies invasoras são aquelas que se estabelecem em novos territórios nos quais proliferam, dispersam e persistem em detrimento de espécies próprias de ecossistemas nativos, alterando os processos ecológicos.

As espécies exóticas invasoras são consideradas a segunda maior causa de extinção de espécies no planeta, perdendo apenas para a destruição de habitats pela exploração humana direta (Ziller, 2001) e afetando diretamente a biodiversidade, a economia e a saúde humana (Pimentel *et al.*, 2005). Os seres humanos têm desempenhado papel fundamental no processo de modificação da distribuição de espécies no planeta devido principalmente ao transporte de espécies para fora de suas regiões de ocorrência natural (Pimentel *et al.*, 2005). Nos primórdios desse processo, as translocações de espécies de uma região a outra do planeta tiveram a intenção de suprimir necessidades agrícolas, florestais e outras de uso direto, enquanto em épocas mais recentes, o propósito das translocações voltou-se significativamente para o comércio de plantas ornamentais (Ziller, 2001).

À medida que espécies exóticas introduzidas conseguem estabelecer populações autossustentáveis, elas se tornam aptas a avançar sobre ambientes naturais e alterados, se transformando também em espécies invasoras, que se propagam sem o auxílio humano e passam a ameaçar ambientes fora do seu território de origem, causando impactos ambientais e

socioeconômicos (Zalba, 2006; Blum *et al.*, 2008). Segundo Ziller (2001), características como reduzida diversidade natural, riqueza e formas de vida de um ecossistema; ausência de competidores, predadores e parasitas naturais das espécies exóticas; e alto grau de perturbação de um ecossistema natural, devido à extinção de espécies ou exploração excessiva, por exemplo, são fatores determinantes para a maior suscetibilidade do ambiente à invasão. A última hipótese é essencial para a compreensão dos processos de invasão biológica, pois práticas erradas de manejo dos ecossistemas contribuem para a perda de diversidade natural e fragilidade do meio a invasões.

De acordo com Ziller (2001), estima-se que há em torno de 491 espécies exóticas na África do Sul, 24 mil espécies introduzidas na Nova Zelândia, com potencial para se tornarem espécies exóticas invasoras, e, nos Estados Unidos, 4,6 mil espécies introduzidas nas ilhas havaianas, 1045 na Califórnia, 1180 na Flórida e 3,5 milhões de ha dos parques nacionais invadidos por espécies exóticas. Os custos para contenção e/ou mitigação desse problema chegam a milhões de dólares nesses países (Pimentel *et al.*, 2005; Ziller, 2001), e eles, juntamente com a Austrália, possuem os melhores registros de invasões biológicas e são, provavelmente, os maiores detentores de espécies exóticas invasoras.

Segundo Pivello (2005), é de fundamental importância que políticas governamentais para o controle de espécies exóticas sejam implantadas, bem como que se esclareça e eduque a população acerca de potenciais danos causados por esse problema. Outras soluções passam pela criação e implementação de uma legislação específica para o transporte, a introdução e a contenção dessas espécies, além de uma fiscalização efetiva para o cumprimento destas medidas. Ainda de acordo com essa autora, é preferível fazer o controle das espécies exóticas invasoras do que tentar erradicá-las do ambiente natural. Geralmente, a erradicação de uma espécie exige tratamentos mais drásticos, podendo comprometer as espécies nativas locais (Wittenberg & Cock, 2001).

A grande estratégia das plantas invasoras é a sua eficiência reprodutiva (Ziller, 2001) como: rápido crescimento, maturação precoce, reprodução também por brotação, floração e frutificações mais duradouras, adaptação às áreas degradadas, alelopatia, produção de sementes pequenas em grandes quantidades, mecanismos de dispersão eficientes, alta longevidade do banco de sementes no solo e dormência para sobreviver em ambientes constantemente perturbados. O banco de sementes pode ser definido como o estoque de sementes viáveis existentes no solo, desde a superfície até às camadas mais profundas, em uma dada área e em um dado momento (Ferreira & Borghetti, 2004).

O acúmulo de sementes no banco varia de acordo com a entrada (dispersão) e saída (germinação, morte) de sementes e diferenças nas características de dispersão e de dormência das sementes refletem as variações espacial e temporal na composição do banco de sementes (Ferreira & Borghetti, 2004). Um banco de sementes pode conter sementes dormentes (D), bem como sementes não dormentes (ND) ou condicionalmente dormentes (CD) (Baskin & Baskin, 2004). Os fatores do solo responsáveis por inibir a germinação não são bem compreendidos, mas as concentrações elevadas de dióxido de carbono (Yoshioka *et al.*, 1998), as baixas concentrações de oxigênio (Benvenuti & Macchia, 1995), e os produtos voláteis inibitórios de respiração anaeróbica (Holm, 1972) poderiam desempenhar um papel na prevenção da germinação de sementes ND enterradas.

A germinação das sementes enterradas pode esgotar a reserva do banco (Baskin & Baskin, 2006), que pode ser formado por sementes das espécies do local e/ou originárias de outros locais. De acordo com Baider *et al.* (1999), as vezes há a necessidade de sementes oriundas de outros locais para que se regenere o banco de sementes em questão. A incorporação de novas sementes ao banco varia amplamente ao longo do ano, e a sucessão é provavelmente regulada por padrões sazonais de ingresso de sementes (Young *et al.*, 1987). A dinâmica do banco é, portanto, produto de eventos bióticos e abióticos que ocorrem no ambiente. Além disso, em função da longevidade dos diásporos, os bancos podem ser caracterizados como transitórios, formados por sementes de curta viabilidade, ou persistentes, compostos por sementes de maior longevidade em condições naturais (Ferreira & Borghetti, 2004).

A espécie Leucaena leucocephala (Fabaceae): características biológicas e seu potencial invasor

A *Leucaena leucocephala* exibe duas formas de crescimento: o tipo Havaiano (arbusto) e o tipo Salvador (árvore), sendo mais comum o tipo Havaiano, que tende a crescer em encostas íngremes (Chiou *et al.*, 2013). O nome do gênero e da espécie *Leucaena leucocephala* vem das palavras gregas *leuc* que significa “branco”, *caen* que significa “novo” ou “recente”, e *cephal* que significa “cabeça”, fazendo referência às flores esbranquiçadas que esta espécie produz todo ano a cada primavera, e aludindo também ao fato de que a floração ocorre em cachos ou “cabeças” ao redor da árvore (Andreu *et al.*, 2012).

Segundo Pereira (2006) dentre as aplicações para a *L. leucocephala* estão seu plantio para incorporação de nitrogênio no solo e recuperação de áreas degradadas, sua utilização

como planta forrageira e sua produção para geração de lenha para energia. Segundo Andreu *et al.* (2012), outras aplicações são sua utilização como fonte de carvão, combustível e madeira serrada, e como quebra-vento para culturas. Essas aplicações da *L. leucocephala* se devem a características como ser uma leguminosa e se associar às bactérias captadoras de nitrogênio (N₂) atmosférico, possuir raízes bem desenvolvidas e alta resistência a ambientes perturbados, e possuir vagens e sementes de alto teor proteico (Andreu *et al.*, 2012; Pereira, 2006).

Entretanto, apesar dos diversos usos e qualidades citados, a *L. leucocephala*, fora de seu ambiente natural, é classificada como uma espécie exótica e invasora (Scherer *et al.*, 2005). Características que facilitam a invasão do ambiente por uma espécie exótica são alta taxa de crescimento, grande produção de sementes de fácil dispersão, alta longevidade do banco de sementes no solo e ausência de inimigos naturais (Genovesi, 2005; Ziller, 2001). A alta produção, grande longevidade no solo e viabilidade das sementes de *L. leucocephala*, são características que evidenciam seu potencial invasor e possibilitam a ocupação rápida de ambientes perturbados (Marques *et al.*, 2014). Ainda de acordo com esses autores, a espécie também mantém um banco de sementes robusto e considerável que irá garantir a continuidade da população. Os indivíduos de leucena formam densos maciços que excluem outras plantas e, sem o manejo adequado, podem avançar rapidamente sobre áreas adjacentes (Instituto Horus, 2008). Segundo Lu *et al.* (2013), nos últimos anos várias agências de governo e organizações privadas têm conduzido, em pequena escala, planos de manejo dessa espécie com a intenção de remover as manchas intermitentes, através da erradicação da espécie ou do uso de herbicidas. Sem uma estratégia de manejo efetiva, a *L. leucocephala* pode concorrer com as plantas nativas até que se alcance o nível máximo de expansão.

Na Flórida, por exemplo, a *L. leucocephala* é considerada uma espécie invasora com potencial para substituir a comunidade nativa de plantas, por competir agressivamente pelos recursos (Andreu *et al.*, 2012). Em razão disso, a Divisão de Indústrias de Plantas da Flórida (*Florida Division of Plant Industry*, em tradução livre) proíbe estritamente a posse, o transporte (incluindo a importação) e o cultivo dessa espécie. No Brasil, Zenni & Ziller (2011) listaram várias espécies exóticas invasoras ocorrendo em diferentes habitats – naturais e com intervenção humana – e a *L. leucocephala* foi reconhecida como espécie exótica invasora ou como espécie com potencial invasor nas ecorregiões da Floresta Atlântica, Caatinga, Cerrado, Manguezais Amazônicos, Florestas Secas, Florestas de Araucária, Pampas e Pantanal.

Em áreas altamente degradadas, que requerem algum tipo de manejo ou de intervenção humana para facilitar sua recuperação, plantações podem facilitar a sucessão

florestal (Lamb *et al.*, 2005). Entretanto, dependendo de suas características invasivas sobre ecossistemas vizinhos, uma plantação pode se tornar um problema sobre a flora local e regional (Durigan *et al.*, 2013), representando uma grave ameaça às espécies nativas (Richardson & Blanchard, 2011; Drenovsky *et al.*, 2012). Costa & Durigan (2010), por exemplo, não recomendam a utilização dessa espécie sem que se faça um manejo e um acompanhamento adequado de seu plantio. Segundo Zenni & Ziller (2011), devido a sua alta adaptabilidade às condições ambientais dos trópicos, a *L. leucocephala* tem sido utilizada em muitas regiões do Brasil como cultivo ou na restauração de áreas degradadas.

Distribuição de Leucaena leucocephala pelo mundo

A *Leucaena leucocephala* é originária do México e da América Central, regiões de clima tropical (Lins *et al.*, 2007; Marques *et al.*, 2014). Segundo Perez (1995), Pereira (2006), Chiou *et al.* (2013) e Marques *et al.* (2014), a espécie possui características, como grande resiliência às condições ambientais de temperatura e umidade, que a permitem germinar e se estabelecer nos mais diferentes ambientes, o que melhora suas chances de sobrevivência. A *L. leucocephala* apresenta uma preferência por locais quentes e não encharcados, sendo sensível a temperaturas muito baixas (Pereira, 2006). Ainda de acordo com esse autor, outras características da espécie são sua resistência a insolação, secas, fogo, salinidade, variação de pH do solo e bom desenvolvimento em altitudes de 150 m a 1500 m, o que permite sua adaptação em diferentes regiões e, por isso, torna-a uma das leguminosas perenes de crescimento rápido com maior cultivo no mundo.

Estudos com diferentes interesses em várias regiões do mundo mostram que a *L. leucocephala* tem potencial para afetar e modificar variados ecossistemas de diversas maneiras, principalmente em regiões degradadas de clima tropical e subtropical (Walton, 2004; Raghu *et al.*, 2005; Collingham *et al.*, 2000; Dana *et al.*, 2003; Raimondo & Domina, 2007; Kueffer *et al.*, 2010; Lu *et al.*, 2013; Chiou *et al.*, 2013; Yoshida & Oka, 2004; Hata *et al.*, 2010; Marques *et al.*, 2014). No Brasil, a disseminação da *L. leucocephala* vem aumentando sem controle em todas as regiões do país, sendo particularmente frequente na região Sudeste (Pereira, 2006), onde se propaga em áreas de pastagens, beira de estradas, pomares, lavouras perenes e terrenos baldios.

Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas aplicados ao mapeamento de Leucaena leucocephala

Como já abordado, as espécies invasoras são o atual foco de interesse de ecologistas, de conservacionistas e de indivíduos responsáveis pelo manejo dos recursos naturais, pois se espalham rapidamente, ameaçam a biodiversidade e danificam o ecossistema, além de favorecer alterações na hidrologia e no ciclo de nutrientes (Ziller, 2001; Joshi *et al.*, 2004). A invasão biológica há muito pode ser considerada significativa para a alteração global em curso dos ecossistemas por ser uma das causas majoritárias que favorecem a extinção de espécies (Drake *et al.*, 1989) e a causa primária da perda de biodiversidade (Czech & Krausman, 1997; Wilcove & Chen, 1998), além de provocar a homogeneização da fauna e da flora mundial (Mooney & Hobbs, 2000). Os impactos causados por espécies invasoras geram um gasto de bilhões de dólares todo ano na tentativa de prevenir e restaurar os danos (Pimentel *et al.*, 2005).

Mapear a extensão espacial e avaliar a dispersão de espécies invasoras é de suma importância para o controle e o monitoramento de recursos, sendo necessário entender a dinâmica espacial e temporal das populações. Recentemente, a técnica de Sensoriamento Remoto (SR) tem se mostrado aplicável para mapeamento de espécies vegetais (Joshi *et al.*, 2004), pois possibilita uma visão geral da superfície terrestre, sendo a fotografia aérea sua versão mais antiga (Sabins, 1987; Lillesand & Kiefer, 1994). A fotografia e a videografia digitais foram recentemente introduzidas como alternativas mais baratas, disponibilizadas mais facilmente e mais flexíveis do que a fotografia padrão (Joshi *et al.*, 2004). Ainda de acordo com os autores, scanners de banda larga também têm sido aplicados com sucesso para distinguir entre área construída, solo descoberto e amplas áreas cobertas com um tipo específico de vegetação. O SR fornece uma vasta gama de sistemas de sensor e isso favorece a detecção, o mapeamento e o monitoramento de espécies invasoras, pois permite retirar e destacar as informações relevantes desejadas.

Meneses & Almeida (2012) nos apresentam duas definições para SR: a primeira, mais clássica, diz que o SR “é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto”; a segunda diz que o SR “é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”, sendo esta uma definição mais científica do termo. A integração entre o SIG e o SR já tem sido aplicada com sucesso para

mapear a distribuição de várias espécies animais e vegetais, seus ecossistemas, paisagens, condições bioclimáticas e fatores que facilitam a invasão (Stow *et al.*, 1993, 2000; McCormick, 1999; Rowlinson *et al.*, 1999; Haltuch *et al.*, 2000; Los *et al.*, 2002). Joshi *et al.* (2004) introduziram uma classificação de espécies baseada na resposta refletiva das propriedades remotamente sensoriadas dos dosséis de cada espécie e a *L. leucocephala* foi classificada como uma espécie invasiva que domina o dossel da superfície onde se encontra, formando um maciço homogêneo; Tsai & Chou (2006) utilizaram um procedimento de aumento de textura em imagens hiperespectrais, para detectar a *L. leucocephala*; Lu *et al.* (2013) utilizaram imagens do *Satellite Pour L'observation de la Terre* (SPOT) para detectar a ocorrência de avanço da expansão de *L. leucocephala* sobre o território sul e oeste da Península de Hengchun, no Taiwan; e Chiou *et al.* (2013) desenvolveram um modelo capaz de auxiliar no manejo e no monitoramento desse avanço, analisando dados georreferenciados para identificar potenciais variáveis de invasão e prever a probabilidade de futuras instalações da espécie no local.

O SR, em conjunto com o SIG, se mostra como uma técnica capaz de medir efetivamente as características biofísicas da vegetação ao longo de uma vasta região e de mapear a distribuição das espécies invasoras através da comparação entre as assinaturas espectrais dessas espécies e da vegetação do entorno (Lu *et al.*, 2013). Embora esteja aumentando a utilização das técnicas de SR e SIG para mapeamento de espécies invasoras e dos ecossistemas que as contêm, a literatura sobre esse assunto ainda é dispersa (Joshi *et al.*, 2004).

Materiais e métodos

A) Espécie estudada e sua distribuição geográfica global

A *Leucaena leucocephala* é uma espécie arbóreo-arbustiva com altura em torno de 7 m. Seus frutos produzem cerca de 20 sementes (6 – 7 mm; 50 mg) por vagem produzindo maior número de sementes durante a estação seca, em Julho e Setembro. A espécie apresenta germinação ótima das sementes não dormentes em torno de 30°C, sendo capaz de germinar em uma ampla faixa de temperatura (10 a 45°C) (Marques *et al.*, 2014) e de se estabelecer em diferentes locais numa ampla faixa de precipitação, podendo suportar meses de seca prolongada (Chiou *et al.*, 2013).

A *L. leucocephala* é originária de regiões de clima tropical (Lu *et al.*, 2013), mas globalmente distribuída, devido às características morfológicas e fisiológicas que a permitem adaptar-se em diferentes regiões (Blumenthal, 2005; Marques *et al.*, 2014). Estudos apontam a ocorrência da espécie em várias regiões do mundo com diferentes tipos climáticos, como América do Norte – EUA (Cfa), Central – Hawaii, México (Aw), e do Sul – Equador, Brasil (Aw, Cwa, Cfb) (Marques *et al.*, 2014); ilhas oceânicas do Atlântico, Caribe, Pacífico e oceano Índico Ocidental (Aw, Cwa) (Kueffer *et al.*, 2010); Norte e Sul da África; Europa – Itália (Csa) (Collingham *et al.*, 2000; Dana *et al.*, 2003; Raimondo & Domina, 2007); Sudoeste e sudeste da Ásia – Índia Ocidental, Indonésia, Malásia, Papua Nova Guiné, Tailândia, Taiwan (Aw, Cfa) (Lu *et al.*, 2013; Chiou *et al.*, 2013); Ilhas do Japão – Ogasawara (Bonin) (Cfa) (Yoshida & Oka, 2004; Hata *et al.*, 2010); e Austrália (BWh, Cfb) (Walton, 2004; Raghu *et al.*, 2005).

Germinação das sementes – design experimental

Local de coleta das sementes

As sementes de *L. leucocephala* foram coletadas dentro do campus da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Próximo ao prédio de Belas-Artes há um local utilizado como bota-fora que hoje está invadido por um denso maciço da espécie. Para a coleta foram utilizados cerca de seis indivíduos adultos durante a época de liberação de sementes (mês de setembro). Após a coleta, fez-se uma triagem das sementes, escolhendo as aparentemente mais saudáveis e viçosas, sem danos visíveis no tegumento. Não houve armazenamento prévio das sementes escolhidas.

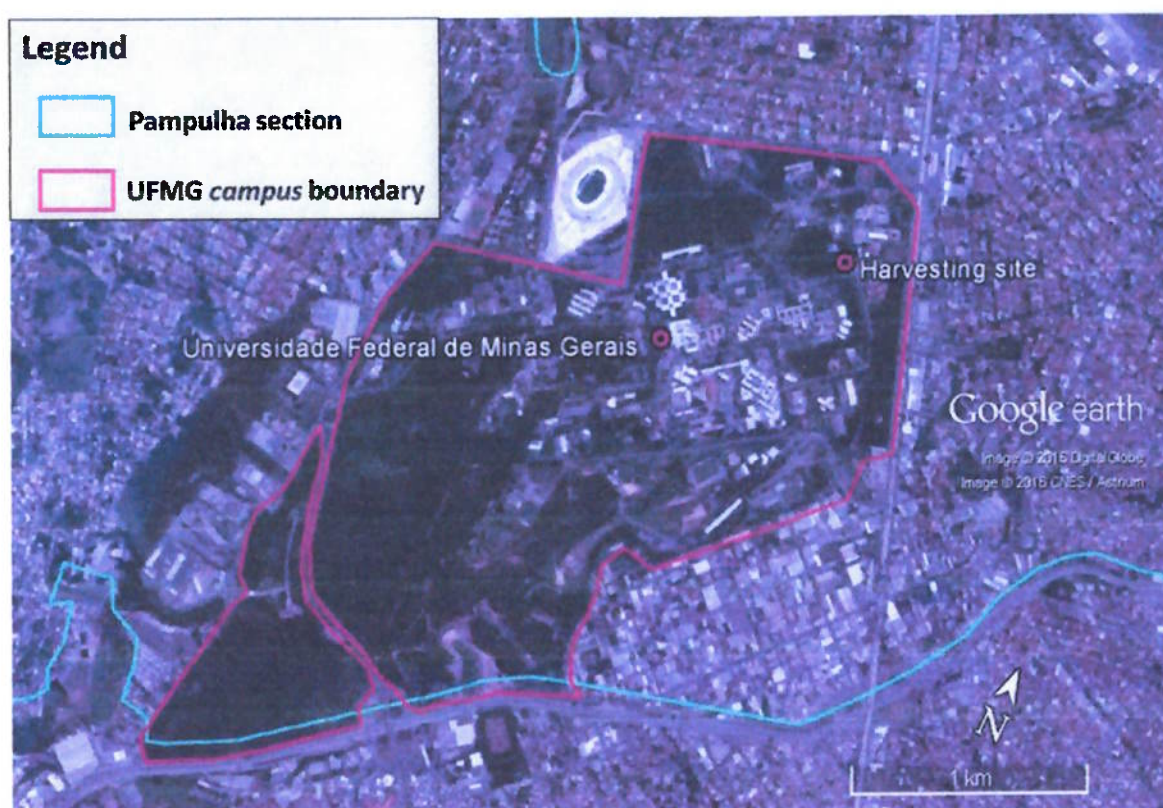


Fig 1 Local de coleta das sementes.

Experimento 1: Armazenamento em condições simulando diferentes tipos de climas

O experimento durou seis meses e buscou avaliar a influência de alguns tipos climáticos com mudanças naturais da temperatura (estação fria e quente) e pluviosidade (estação seca e chuvosa) na superação da dormência física das sementes da espécie estudada. Considerando as regiões onde a presença da *L. leucocephala* foi registrada e suas condições climáticas, foram simulados sete tipos de climas segundo a classificação de Köppen-Geiger: Aw, BWh, Csa, Cwa/Cwb, Cfa e Cfb (Fig. 2). As simulações também consideraram as temperaturas máximas e mínimas de algumas localidades regionais dos países onde a espécie ocorre. Amostras de 25 sementes em vinte e oito *bags* de nylon lacrados (4 *bags* para cada clima simulado) foram enterradas em potes plásticos de aproximadamente 550 ml com areia esterilizada. Os potes foram submetidos a variações de temperaturas (estratificação fria e quente) e umidade (Fig. 2). O armazenamento foi mantido em temperaturas constantes durante os meses, como também o substrato seco ou úmido (Fig. 2). A umidificação da areia nos experimentos que simularam estação chuvosa foi feita com água destilada, sendo verificada pelo menos uma vez por semana a necessidade de reumidificação.

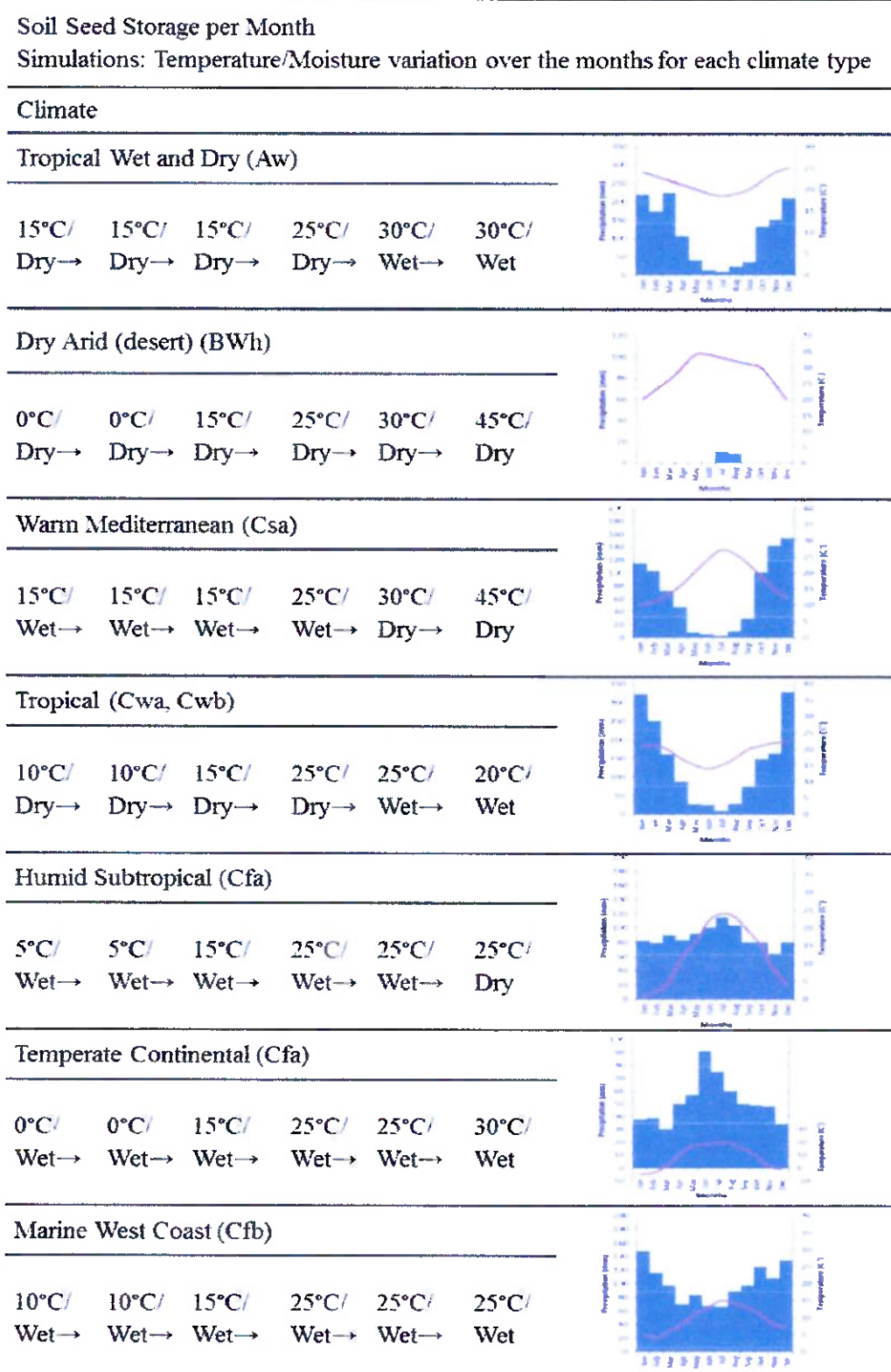


Fig 2 Esquema experimental mostrando as condições de temperatura média e umidade durante os seis meses de armazenamento das sementes para cada clima simulado. Os diagramas climáticos apresentam as médias pluviométricas (barras azuis) e de temperaturas (linha vermelha).

Ao final dos seis meses de armazenamento, as sementes foram exumadas. Testes de germinação foram realizados para as sementes que estavam em condições de seca ao final do experimento. As sementes foram colocadas em 4 placas de Petri com papel filtro umidificado com água destilada e incubadas a 25°C durante um mês. A germinação foi avaliada diariamente. Para as sementes que estavam no substrato úmido ao final do experimento, a germinação foi estimada através do número de sementes germinadas e/ou deterioradas que apresentavam vestígios de germinação nos *bags* (presença de radícula, tegumento). Testes de viabilidade foram realizados através da escarificação mecânica do tegumento para todas as sementes intactas que não germinaram.

B) Distribuição da espécie em escala regional

Área de estudo e dados ambientais

O estudo do mapeamento e preferência de ambiente da *Leucaena leucocephala* foi realizado em meio urbano na Regional Pampulha (RP) (19°51'45"S e 43°58'51"O) da cidade de Belo Horizonte (BH) (Fig. 3), capital do estado de Minas Gerais (MG). Localizada 850 m acima do nível do mar, a região possui um clima mesotérmico (Cwb, no sistema de classificação Köppen-Geiger), com verões quentes e uma estação seca bem definida. A temperatura mínima média da região varia de 14 a 20°C enquanto a máxima média, de 25 a 30°C, sendo a média anual de 23°C. O índice pluviométrico é superior a 1600 mm, com chuvas mais frequentes de novembro a abril, sendo dezembro o mês de maior precipitação (em torno de 600 mm). A cidade, com cerca de 330 km², está inserida em uma área ecotonal entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica.

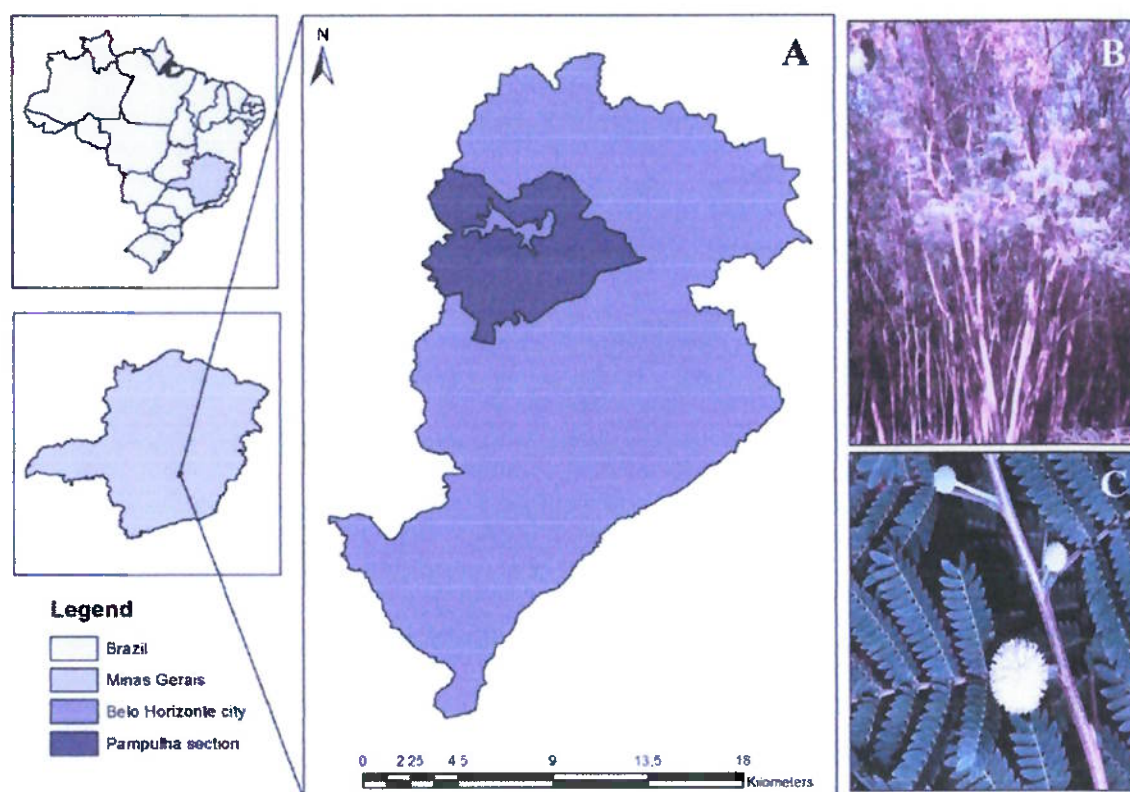


Fig 3 Localização geográfica da Regional Pampulha na cidade de Belo Horizonte (A); adensamento da espécie no local de coleta das sementes (B) e detalhe da inflorescência (C) da *Leucaena leucocephala*.

Belo Horizonte está subdividida administrativamente em nove regionais: Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova, sendo cada uma, por sua vez, divididas em bairros. Criadas em 1983, a jurisdição das unidades administrativas regionais levam em conta a posição geográfica e a história de ocupação. A RP é uma das regiões de BH mais arborizadas, sendo um centro de referência para o lazer e o turismo, possuindo obras arquitetônicas, urbanísticas e artísticas de grande importância que estão concorrendo a Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*). Na RP foram definidas três classes em função do habitat e de diferentes características de uso e ocupação do solo, descritas na Fig. 4. O levantamento dos locais de ocorrência de *L. leucocephala* foi realizado com observações *in loco*, sendo a área vinculada a uma ou mais características das classes.

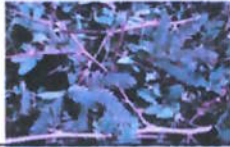
Class	Features description	Picture
Habitats	Full Sun: an open area where canopy of <i>L. leucocephala</i> go over other plants canopy.	
	Shading: an enclosed area where canopy of other plants go over <i>L. leucocephala</i> canopy.	
	Dry soil: a soil with low moisture over year's seasons.	
	Soaked soil: a very wet soil over year's seasons	
Landscape	Secondary Forest: a forest that has been growing after a major disturbance such as fire or wood cutting, for a long enough period so that the disturbance effects are no longer evident.	
	Agriculture land: a cultivated area or with potential for cultivation.	
	Building area: a region predominantly covered by houses, buildings and streets.	
	Water body edge: the area that surrounds and or follows a water body border.	
Degradation	Road edge: the area that surrounds and or follows a road border.	
	Erosion: surface abrasion due to mechanical and chemical action of flowing water, bad weather or other geological agents	
	Deforestation: surface within a forested area with little or no vegetation cover.	

Fig 4 Descrição das diferentes características utilizadas para classificação do ambiente.

Germinação das sementes – design experimental

Experimento 2: Armazenamento simulando o clima regional de Belo Horizonte

Neste experimento foram consideradas as condições climáticas de Belo Horizonte na época dos experimentos realizados no campo de maio a dezembro de 2008 (dados fornecidos por Marques *et al.*, 2014) (Fig. 6D). As condições simuladas foram: média diária de temperatura mínima e máxima no período de seca (maio a agosto) – 15 e 25°C, respectivamente; e no período de chuvas (setembro a dezembro) – 20 e 30°C, respectivamente. Para esse experimento, que teve uma duração de oito meses, as amostras de 25 sementes em trinta e dois *bags* de nylon lacrados foram enterradas em vasilhame de alumínio (dimensões aproximadas 28 x 16 x 5 cm) com areia seca esterilizada. Durante a estação chuvosa, a umidificação foi feita com água destilada, sendo verificada pelo menos uma vez por semana a necessidade de nova umidificação.

A cada 30 dias, quatro *bags* foram exumados. Durante os meses de simulação do período de seca, verificou-se a presença de sementes predadas e com as demais sementes intactas, testes de germinação em placas de Petri foram realizados a 25°C durante um mês. A germinação foi avaliada diariamente. Ao final do teste, as sementes intactas restantes foram mecanicamente escarificadas para avaliação da viabilidade; durante os meses de simulação do período de chuvas, verificou-se a presença de sementes deterioradas e/ou germinadas, e as demais sementes intactas foram diretamente escarificadas para realização de teste de viabilidade a 25°C com fotoperíodo de 12h.

Análise de dados

A imagem satelital capturada pelo LandSat 7, data de 2015 e possui pixels de 30 x 30 m, sendo utilizada para verificar os locais de ocorrência dos indivíduos de *L. leucocephala*. Para isso, uma grade de 18555 células de 50 x 50 m foi sobreposta a imagem da regional, sendo estrategicamente escolhidos os locais de visitação e percorridos 80% dessas células. Os dados foram analisados utilizando o software ArcGIS (ESRI) versão 10.2.

Resultados

A) Germinação das sementes submetidas às simulações dos tipos de climas

Os resultados dos testes de germinação, após os armazenamentos simulando os tipos climáticos Aw, BWh, Cwa/Cwb, Cfa e Cfb (Fig. 2), mostraram que a dormência física das sementes foi superada em até 25%, exceto para as condições simulando o clima Temperado Mediterrâneo (Csa) – >60% (Fig. 5). Nesta simulação houve mudanças na temperatura (15°C a 45°C) combinadas com substrato úmido e seco (Fig. 2), que possivelmente foram suficientes para permitir uma maior superação da PY e, portanto maior germinação das sementes. Mesmo assim, as mudanças de temperatura e umidade não foram suficientes para permitir a germinação da *L. leucocephala* próxima de sua viabilidade (~80%).

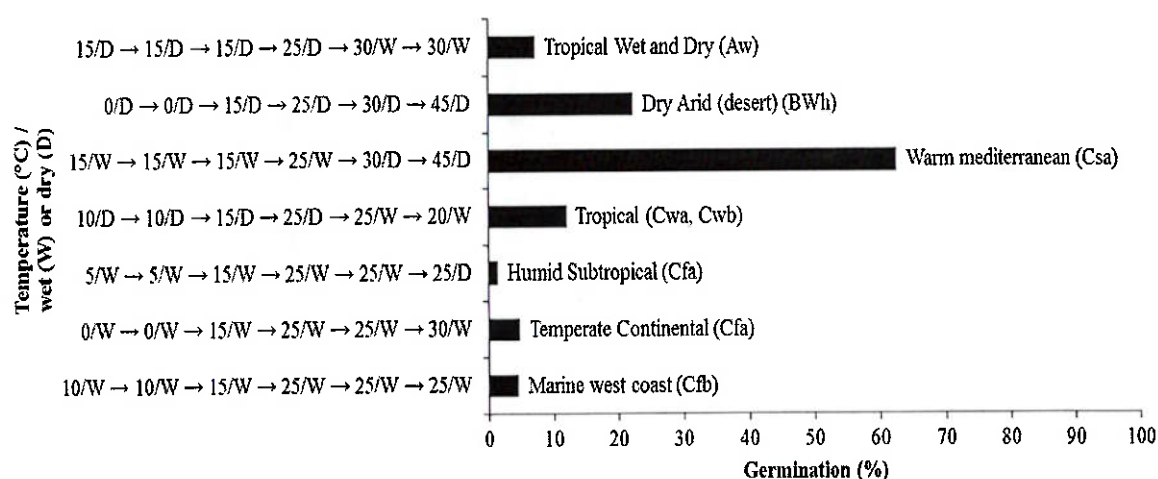


Fig 5 Porcentagem de germinação das sementes de *Leucaena leucocephala* para cada clima simulado. W – wet (substrato úmido), D – dry (substrato seco).

B) Germinação das sementes submetidas ao clima da Regional Pampulha

Os resultados de germinação após o armazenamento simulando as condições climáticas de BH (Cwb) para o ano de 2008 (Fig. 6D) mostraram que a porcentagem de germinação das sementes de *L. leucocephala* permaneceu em torno dos 20% (Fig. 6A), embora sua viabilidade observada foi de 80% (Fig. 6C), indicando a condição de dormência

destas. Observou-se ainda que a porcentagem de sementes desaparecidas em campo (Marques *et al.*, 2014) apresentou padrão similar à porcentagem de sementes danificadas (deterioradas e predadas, principalmente) em laboratório (Fig. 6B).

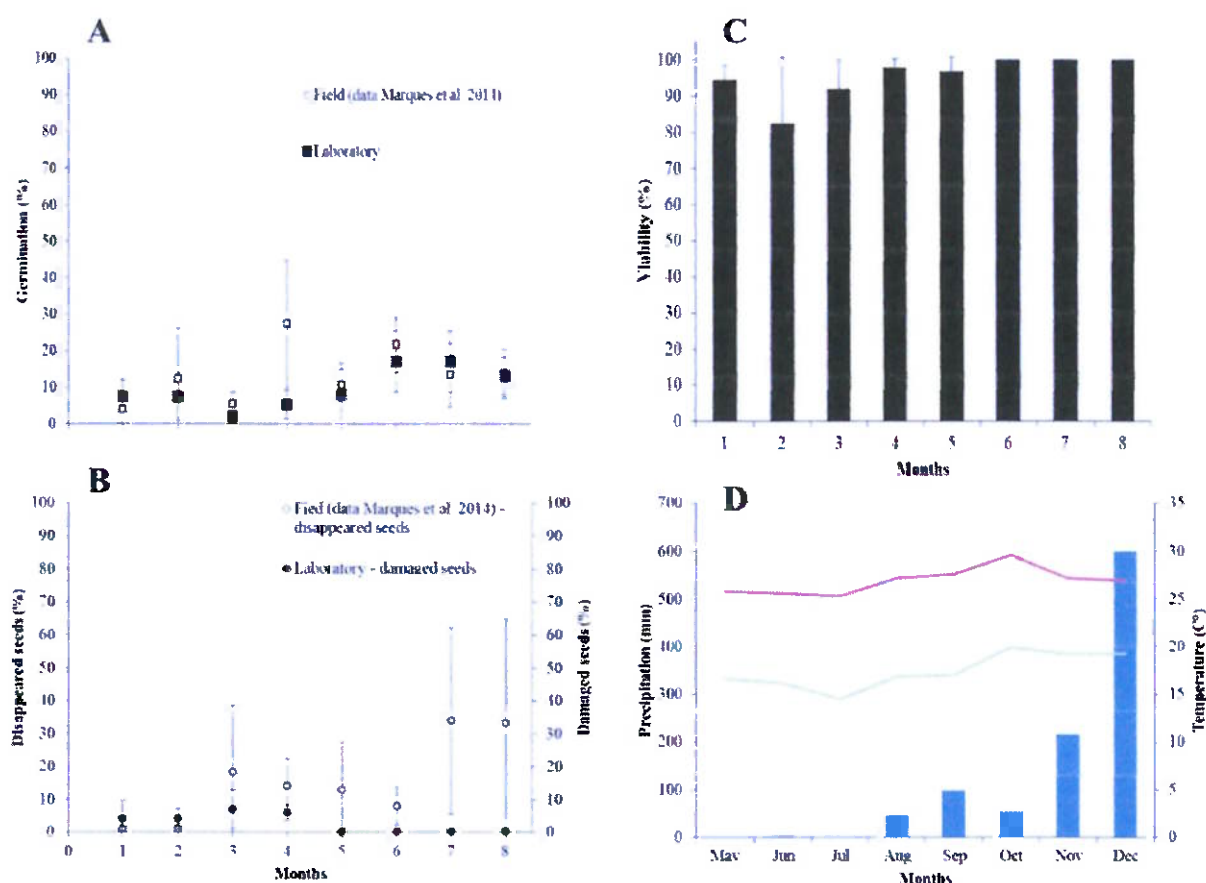


Fig 6 Valores da germinação das sementes de *Leucaena leucocephala* no campo e no laboratório (A); sementes desaparecidas em campo e danificadas (deterioradas, predadas ou desaparecidas) em laboratório (B); viabilidade das sementes (C); precipitação (barras azuis) e temperaturas máxima (linha vermelha) e mínima (linha verde) referentes aos meses do experimento no campo (dados de Marques *et al.*, 2014) (D).

Distribuição da espécie em escala regional

Os resultados apresentados na Fig. 7 mostram os principais habitats e características de uso e ocupação do solo nas áreas amostradas onde foram encontrados indivíduos de *L. leucocephala*. A espécie ocorre com mais frequência nos habitats em pleno sol e de solo seco

(> 95%), na mata secundária (> 40%), margem de corpo d'água (> 30%) e na beira de estrada (> 10%).

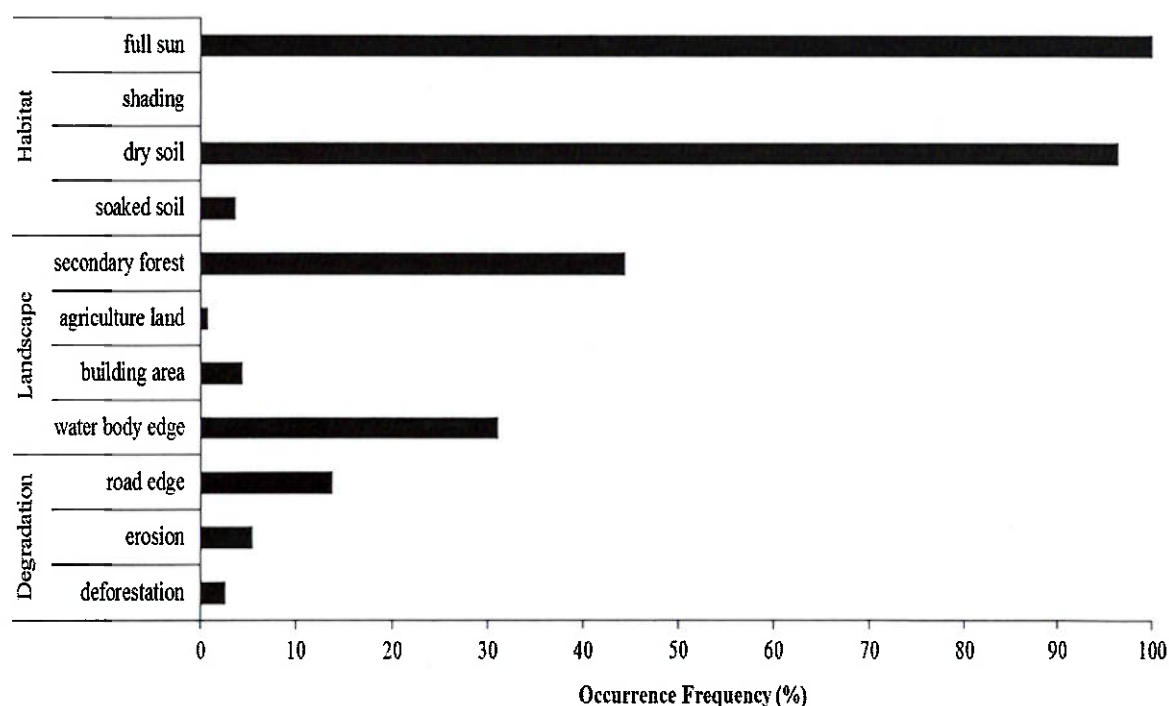


Fig 7 Frequência de ocorrência da *Leucaena leucocephala* nas classes – habitat, paisagem e áreas degradadas – com diferentes características ambientais e de uso e ocupação do solo.

O mapa na Fig. 8 permite verificar a distribuição espacial da *L. leucocephala* dentro das classes definidas. Os indivíduos quando presentes na mata secundária estão nas bordas, onde o ambiente é ensolarado, ou crescem acima da copa das árvores. No interior das matas não foram encontrados indivíduos adultos nem evidências da possibilidade de instalação da espécie, como sementes ou vagens. Nas beiras de corpos d'água, os indivíduos foram encontrados principalmente nas margens da lagoa, dos rios canalizados da região e de riachos que serviam como ponto irregular de despejo de esgoto e resíduo sólido. Nas beiras de estradas, a *L. leucocephala* estava presente principalmente nas vias de acesso rápido que ligam a RP a outras regionais da cidade e a cidades da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

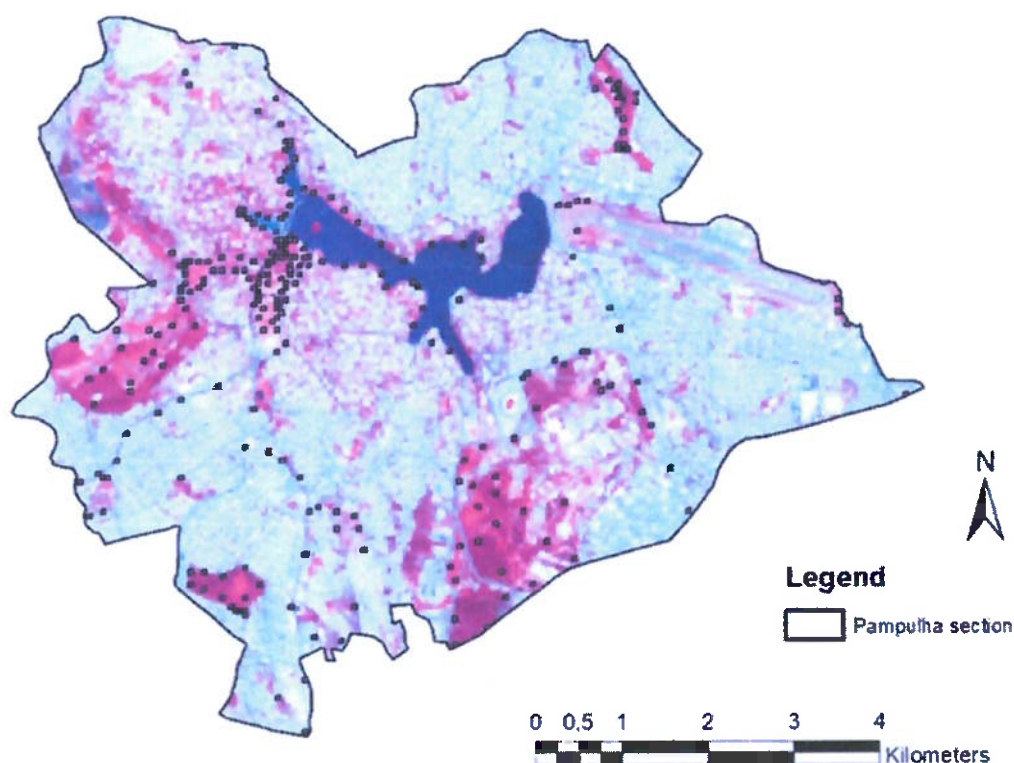


Fig 8 Regiões de vegetação natural realçadas em vermelho e distribuição espacial (quadrados) da *Leucaena leucocephala* na Regional Pampulha.

Discussão

Diferentes condições climáticas podem promover a superação da dormência física da Leucaena leucocephala?

A germinação das sementes de Fabaceae com tegumento impermeável depende de um mecanismo de superação de dormência que detecta as características do ambiente físico quando as condições do meio são adequadas para o crescimento da planta (Baskin *et al.*, 2004). No ambiente natural, um importante sinal que promove a superação da PY das sementes é a mudança de temperaturas baixas para temperaturas altas (Baskin & Baskin, 2006). O *water gap* das sementes pode ser aberta devido ao aumento de calor ou a variações de temperatura no ambiente (Auld & O'Connell, 1991; Baskin *et al.*, 2000). Entretanto, mesmo com mudanças nas condições ambientais (temperatura e umidade) a porcentagem de germinação das sementes de *L. leucocephala* foi no máximo 25% e permaneceu longe de sua viabilidade (>80%) para a maioria dos climas simulados.

Van Klinken & Flack (2005) conduziram um estudo onde a ampla variação de temperatura combinada à umidade do substrato se revelou como um importante mecanismo para a superação da dormência física nas sementes de *Parkinsonia aculeata*. Merritt *et al.* (2007), para algumas espécies australianas, também discutiram a relação entre temperatura e umidade que permitia a superação da dormência (incluindo a PY) presente nas sementes e sua posterior germinação. Nos climas árido e temperado, o solo seco pode alcançar a temperatura necessária para a superação da PY (Baskin & Baskin, 2006; Ooi *et al.*, 2009). No estudo conduzido por Ooi *et al.* (2009) a exposição das sementes a temperaturas mais altas e a baixa umidade provocou o aumento da porcentagem de germinação em pelo menos duas espécies com PY, sendo que o maior aumento se deu durante a simulação das condições de primavera/outono e de verão (quente e seco), resultado semelhante também apresentado por van Assche *et al.* (2003). O aumento da temperatura também pode afetar o grau de sensibilidade das sementes a outros estímulos que possibilitem a superação da PY (Jayasuriya *et al.*, 2008). A ampla variação na temperatura, como a que ocorreu na simulação do clima temperado mediterrâneo (de ~15°C no inverno seco a ~45°C ou mais no verão úmido) aumentou a porcentagem de germinação da *L. leucocephala* para 62%. Os resultados apontaram que para a superação natural da PY da espécie *L. leucocephala* é necessário uma ampla variação de temperatura e umidade, e que as condições climáticas diferentes não interferem na viabilidade das sementes.

As respostas germinativas a diferentes regimes termais explicam a capacidade de invasão da Leucaena leucocephala globalmente e regionalmente?

As mudanças de temperatura e umidade que ocorrem nos diferentes tipos climáticos simulados não explicam o estabelecimento da *L. leucocephala* nas diferentes partes do mundo como planta invasora. Entretanto, a porcentagem de germinação de sementes não dormentes (~15%) da espécie (Fig. 5A) quando comparada à quantidade de sementes liberadas por 50 indivíduos ao longo do ano (5500) (Marques *et al.*, 2014), torna significativa sua invasão e aumenta a possibilidade dela se estabelecer em uma área.

Santana *et al.* (2010) testaram o efeito da temperatura do solo, depois da passagem do fogo, sobre a superação da PY em seis espécies de Fabaceae e perceberam que quanto maior a temperatura e o tempo de exposição das sementes ao calor não danoso, maiores foram as taxas de germinação. Ooi *et al.* (2014) também concluíram que para 6 das 14 espécies estudadas, a superação da PY acontece quando a temperatura do meio atinge picos de calor

encontrados somente durante a passagem de fogo pelo solo. A passagem do fogo no ambiente pode ser um fator que explique a superação da PY e a germinação das sementes de *L. leucocephala*. Entretanto, em outro estudo conduzido por Santana *et al.* (2013), os autores concluíram que não apenas a variação da temperatura devido à passagem do fogo teria influência sobre a superação da PY, mas também as características do habitat e as perturbações do ambiente.

Características extrínsecas aliadas a características intrínsecas a uma espécie exercem forte influência sobre a trajetória de invasão e a área de distribuição das espécies exóticas invasoras (Thuiller *et al.*, 2006). Essas características podem incluir a diversidade biológica da comunidade invadida (Richardson *et al.*, 2005), a interação das espécies nativas com as espécies exóticas (Zavaleta *et al.*, 2001) e os variados aspectos de paisagem e de degradação do ambiente (Pauchard *et al.*, 2004). Segundo Bullock *et al.* (2000), fatores como características edáficas, uso e ocupação do solo e interações bióticas podem tanto influenciar a distribuição de espécies, quanto prevenir a colonização de novas áreas. Collingham *et al.* (2000) sugerem que as características ambientais aliadas às características da espécie influenciam sua distribuição espacial, e Pearson & Dawson (2003) também sugerem que a distribuição de espécies exóticas invasoras é definida por variáveis abióticas como clima e uso e ocupação do solo. No estudo conduzido na Austrália por Taylor *et al.* (2012), áreas degradadas, abandonadas e de pastagem eram mais suscetíveis à invasora *Lantana camara* (lantana) do que áreas de intenso uso agrícola.

Segundo Pouteau *et al.* (2015), as espécies invasoras, quando comparadas as nativas, ocupam regiões com maior perturbação antrópica, como área desmatada e de pastagem. Wolfe & van Bloem (2012), estudaram a dominância da *L. leucocephala* sobre as espécies nativas e concluíram que a resistência da *L. leucocephala* ao fogo associada a maior sobrevivência e ao mais rápido crescimento de suas mudas, contribui para que essa espécie domine sobre as nativas, principalmente nas áreas com maior perturbação ambiental. Neste estudo as características do habitat (pleno sol e seco) e de uso e ocupação do solo (borda de floresta secundária, de corpo d'água e de estrada) parecem ser os locais mais prováveis para o estabelecimento das plântulas da *L. leucocephala* e, portanto, as áreas mais suscetíveis a sua invasão.

Conclusões

A superação natural da dormência física das sementes da *Leucaena leucocephala* parece relacionar-se às condições de temperatura e umidade do solo, onde as condições climáticas forem de inverno frio e úmido, e de verão quente e seco. No entanto, neste estudo as simulações apresentaram limitações, pois as variações de temperatura durante o dia ao longo do tempo não foram consideradas. Outros fatores que parecem contribuir com sua ampla distribuição global e regional são sua porcentagem de germinação comparada à quantidade de sementes liberadas por indivíduo/m² por ano e a ocorrência de incêndios naturais nos locais de dispersão do banco de sementes, que para muitas Fabaceae provocam a superação da dormência.

As características do habitat e de uso e ocupação do solo também assumiram funções importantes relativas à distribuição da *L. leucocephala*. É provável que a distribuição espacial da leucena em uma área seja determinada por ambientes ensolarados e secos, como bordas de fragmentos florestais e áreas degradadas. O conhecimento desses resultados permite inferir quais ambientes apresentam maior probabilidade de serem invadidos pela espécie. O uso do SIG apresentou-se como uma ferramenta interessante para realizar o mapeamento tanto das regiões invadidas por *L. leucocephala*, quanto das áreas que serão suscetíveis à invasão.

Referências

- ANDREU MG, FRIEDMAN MH & NORTHROP RJ (2012) *Leucaena leucocephala*, White Leadtree. *University of Florida IFAS Extension* FOR299.
- AULD TD & O'CONNELL MA (1991) Predicting patterns of post-fire germination in 35 eastern Australian Fabaceae. *Australian Journal of Ecology* **16**, 53-70. DOI:10.1111/j.1442-9993.1991.tb01481.x
- BAIDER C, TABARELLI M & MANTOVANI W (1999) O Banco de Sementes de um Trecho de Floresta Atlântica Montana (Sao Paulo, Brasil). *Revista brasileira de Biologia* **59**, 319-328.
- BASKIN CC & BASKIN JM (2006) The natural history of soil seed banks of arable land. *Weed Science* **54**, 549-557. DOI:<http://dx.doi.org/10.1614/WS-05-034R.1>

- BASKIN JM & BASKIN CC (2003) Classification, biogeography, and phylogenetic relationships of seed dormancy. In: *Seed Conservation: Turning Science into Practice* (eds RD SMITH, JB DICKIE, SH LININGTON, HW PRITCHARD & RJ PROBERT), 517-544. The Royal Botanical Gardens, London, Kew.
- BASKIN JM & BASKIN CC (2004) A classification system for seed dormancy. *Seed science research* **14**, 1-16. DOI:<http://dx.doi.org/10.1079/SSR2003150>
- BASKIN JM, BASKIN CC & LI X (2000) Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology* **15**, 139-152. DOI:10.1046/j.1442-1984.2000.00034.x
- BASKIN JM, DAVIS BH, BASKIN CC, GLEASON SM & CORDELL S (2004) Physical dormancy in seeds of *Dodonaea viscosa* (Sapindales, Sapindaceae) from Hawaii. *Seed Science Research* **14**, 81-90. DOI: <http://dx.doi.org/10.1079/SSR2003157>
- BENVENUTI S & MACCHIA M (1995) Effect of hypoxia on buried weed seed germination. *Weed Research* **35**, 343-351. DOI:10.1111/j.1365-3180.1995.tb01629.x
- BLUM CT, BORGO M & SAMPAIO ACF (2008) Espécies exóticas invasoras na arborização de vias públicas de Maringá – PR. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana* **3**, 78-97.
- BLUMENTHAL D (2005) Interrelated causes of plant invasion. *Science (Washington)* **310**, 243-244. DOI:10.1126/science.1114851
- BULLOCK JM, EDWARDS RJ, CAREY PD & ROSE RJ (2000) Geographical separation of two *Ulex* species at three spatial scales: does competition limit species' ranges? *Ecography* **23**, 257-271. DOI:10.1111/j.1600-0587.2000.tb00281.x
- CHIOU CR, WANG HH, CHEN YJ, GRANT WE & LU ML (2013) Modeling potential range expansion of the invasive shrub *Leucaena leucocephala* in the Hengchun peninsula, Taiwan. *Invasive Plant Science and Management* **6**, 492-501. DOI:<http://dx.doi.org/10.1614/IPSM-D-13-00010.1>
- COLLINGHAM YC, WADSWORTH RA, HUNTLEY B & HULME PE (2000) Predicting the spatial distribution of non-indigenous riparian weeds: issues of spatial scale and extent. *Journal of Applied Ecology* **37**, 13-27. DOI:10.1046/j.1365-2664.2000.00556.x
- COSTA JNMND & DURIGAN G (2010) *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): invasive or ruderal? *Revista Árvore* **34**, 825-833. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000500008>
- CZECH B & KRAUSMAN PR (1997) Distribution and causation of species endangerment in the United States. *Science* **277**, 1116-1117. DOI:10.1126/science.277.5329.1116

- DAEHLER CC (2001) Two ways to be an invader, but one is more suitable for ecology. *Bulletin of the Ecological Society of America* **82**, 101-102.
- DANA ED, RANDALL RP, SANZ-ELORZA M & SOBRINO E (2003) First evidences of the invasive behaviour of *Leucaena leucocephala* in Europe. *Oryx* **37**, 14.
- DAVIS M & THOMPSON K (2001) Invasion terminology: should ecologists define their terms differently than others? No, not if we want to be of any help! *Bulletin of the Ecological Society of America* **82**, 206.
- DEGREEF J, ROCHA OJ, VANDERBORGHT T & BAUDOUIN JP (2002) Soil seed bank and seed dormancy in wild populations of lima bean (Fabaceae): considerations for in situ and ex situ conservation. *American Journal of Botany* **89**, 1644-1650. DOI:10.3732/ajb.89.10.1644
- DRAKE JA, MOONEY HA, CASTRI FD *et al.* (1989) *Biological Invasions: a global perspective*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- DRENOVSKY RE, GREWELL BJ, D'ANTONIO CM *et al.* (2012) A functional trait perspective on plant invasion. *Annals of botany* **110**, 141-153. DOI:10.1093/aob/mcs100
- DURIGAN G, IVANAUSKAS NM, ZAKIA MJ & ABREU RCR (2013) Control of invasive plants: ecological and socioeconomic criteria for the decision making process. *Natureza & Conservação* **11**, 23-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/natcon.2013.003>
- EVERITT JH, ESCOBAR DE & DAVIS MR (2001) Reflectance and image characteristics of selected noxious rangeland species. *Journal of Range Management* **54**, 208-208.
- FENNER M & THOMPSON K (2005) *The Ecology of Seeds*. Cambridge University Press, New York, USA.
- FERREIRA AG & BORGUETTI F (2004) *Germinação: do básico ao aplicado* (ed. Artmed Editora). Porto Alegre, Brasil.
- GAMA-ARACHCHIGE NS, BASKIN JM, GENEVE RL & BASKIN CC (2012) The autumn effect: timing of physical dormancy break in seeds of two winter annual species of Geraniaceae by a stepwise process. *Annals of Botany* **110**, 637-651. DOI: 10.1093/aob/mcs122
- GAMA-ARACHCHIGE NS, BASKIN JM, GENEVE RL & BASKIN CC (2013) Identification and characterization of ten new water gaps in seeds and fruits with physical dormancy and classification of water-gap complexes. *Annals of Botany* **112**, 69-84. DOI: 10.1093/AOB/MCT094
- GENOVESI P (2005) Eradications of invasive alien species in Europe: a review. In: *Issues in Bioinvasion Science*. Springer Netherlands, 127-133. DOI:10.1007/1-4020-3870-4_12

- HALTUCH MA, BERKMAN PA & GARTON DW (2000) Geographic information system (GIS) analysis of ecosystem invasion: Exotic mussels in Lake Erie. *Limnology and Oceanography* **45**, 1778-1787. DOI:10.4319/lo.2000.45.8.1778
- HATA K, SUZUKI JI & KACHI N (2010) Fine-scale spatial distribution of seedling establishment of the invasive plant, *Leucaena leucocephala*, on an oceanic island after feral goat extermination. *Weed Research* **50**, 472-480. DOI:10.1111/j.1365-3180.2010.00795.x
- HOLM RE (1972) Volatile metabolites controlling germination in buried weed seeds. *Plant physiology* **50**, 293-297. DOI:http://dx.doi.org/10.1104/pp.50.2.293
- HUGHES C (2010) GISD - GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE. Disponível em: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?Sc=23> (último acesso 13 03 2016).
- INSTITUTO HORUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL/THE NATURE CONSERVANCY (2008) *Leucaena leucocephala*. Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br/> (último acesso em 03/03/2014).
- JAYASURIYA KMGG, BASKIN JM & BASKIN CC (2008) Cycling of sensitivity to physical dormancy-break in seeds of *Ipomoea lacunosa* (Convolvulaceae) and ecological significance. *Annals of Botany* **101**, 341-352. DOI:10.1093/aob/mcm285
- JOSHI C, DE LEEUW J & VAN DUREN IC (2004) Remote sensing and GIS applications for mapping and spatial modelling of invasive species. In *Proceedings of ISPRS* **35**, B7.
- KIMOTHI MM & DASARI A (2010) Methodology to map the spread of an invasive plant (*Lantana camara* L.) in forest ecosystems using Indian remote sensing satellite data. *International Journal of Remote Sensing* **31**, 3273-3289. DOI: 10.1080/01431160903121126
- KUEFFER C, DAEHLER CC, TORRES-SANTANA CW *et al.* (2010) A global comparison of plant invasions on oceanic islands. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **12**, 145-161. DOI:10.1016/j.ppees.2009.06.002
- LAMB D, ERSKINE PD & PARROTTA JA (2005) Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* **310**, 1628-1632. DOI:10.1126/science.1111773
- LEUNG B, LODGE DM, FINNOFF D, SHOGREN JF, LEWIS MA & LAMBERTI G (2002) An ounce of prevention or a pound of cure: bioeconomic risk analysis of invasive species. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **269**, 2407-2413. DOI:10.1098/rspb.2002.2179
- LILLESAND TM & KIEFER RW (1994) *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons, New York, USA.

- LINS CEDL, MAIA LC, CAVALCANTE UMT & SAMPAIO EVDSB (2007) Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em solos de caatinga sob impacto de mineração de cobre. *Revista Árvore*, **31**, 355-363.
- LORENZI H (2008) *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas* (3ª ed. Nova Odessa), São Paulo, Brasil.
- LOS SO, TUCKER CJ, ANYAMBA A *et al.* (2002) The biosphere: a global perspective. *Environmental modelling with GIS and remote sensing*. Taylor and Francis, London, UK.
- LOWE S, BROWNE M, BOUDJELAS S & DE POORTER M (2000) *100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database*, Invasive Species Specialist Group, Auckland, Nova Zelândia.
- LU ML, HUANG JY, CHUNG YL & HUANG CY (2013) Modelling the invasion of a Central American Mimosoid tree species (*Leucaena leucocephala*) in a tropical coastal region of Taiwan. *Remote Sensing Letters* **4**, 485-493. DOI:10.1080/2150704X.2012.755274
- MACK RN, SIMBERLOFF D, MARK LONSDALE W, EVANS H, CLOUT M & BAZZAZ FA (2000) Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological applications* **10**, 689-710. DOI:10.1890/1051-0761(2000) 010[0689:BICEGC]2.0.CO;2
- MARCHANTE H, FREITAS H & HOFFMANN JH (2010) Seed ecology of an invasive alien species, *Acacia longifolia* (Fabaceae), in Portuguese dune ecosystems. *American Journal of Botany* **97**, 1780-1790. DOI:10.3732/ajb.1000091
- MARQUES AR, COSTA CF, ATMAN APF & GARCIA QS (2014) Germination characteristics and seedbank of the alien species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in Brazilian forest: ecological implications. *Weed Research* **54**, 576-583. DOI:10.1111/wre.12107
- MCCORMICK CM (1999) Mapping exotic vegetation in the Everglades from large-scale aerial photographs. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **65**, 179-184. DOI:0099-1112199/6502-179\$3.00/0
- MENESES PR & ALMEIDA T DE (2012) Princípios do Sensoriamento Remoto. In: *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*, 1-33. UnB, Brasília, Brasil.
- MERRITT DJ, TURNER SR, CLARKE S & DIXON KW (2007) Seed dormancy and germination stimulation syndromes for Australian temperate species. *Australian Journal of Botany* **55**, 336-344. DOI:http://dx.doi.org/10.1071/BT06106
- MOONEY HA & HOBBS RJ (2000) Global change and invasive species: where do we go from here. In: *Invasive species in a changing world*, 425-434. Island Press, Washington, DC.

- MÜLLEROVÁ J, PERGL J & PYŠEK P (2013) Remote sensing as a tool for monitoring plant invasions: Testing the effects of data resolution and image classification approach on the detection of a model plant species *Heracleum mantegazzianum* (giant hogweed). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* **25**, 55-65. DOI:10.1016/j.jag.2013.03.004
- OOI MK (2012) Seed bank persistence and climate change. *Seed Science Research* **22**, 53-60. DOI:http://dx.doi.org/10.1017/S0960258511000407
- OOI MK, AULD TD & DENHAM AJ (2009) Climate change and bet-hedging: interactions between increased soil temperatures and seed bank persistence. *Global Change Biology* **15**, 2375-2386. DOI:10.1111/j.1365-2486.2009.01887.x
- OOI MK, AULD TD & DENHAM AJ (2012) Projected soil temperature increase and seed dormancy response along an altitudinal gradient: implications for seed bank persistence under climate change. *Plant and Soil* **353**, 289-303. DOI:10.1007/s11104-011-1032-3
- OOI MK, DENHAM AJ, SANTANA VM & AULD TD (2014) Temperature thresholds of physically dormant seeds and plant functional response to fire: variation among species and relative impact of climate change. *Ecology and evolution* **4**, 656-671. DOI:10.1002/ece3.973
- PAUCHARD A, CAVIERES LA & BUSTAMANTE R (2004) Comparing alien plant invasions among regions with similar climates: where to from here? *Diversity and Distributions* **10**, 371-375. DOI:10.1111/j.1366-9516.2004.00116.x
- PEARSON RG & DAWSON TP (2003) Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global ecology and biogeography* **12**, 361-371. DOI:10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x
- PEREIRA AR (2006) *Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão* (ed. Fapi). Belo Horizonte, Brasil.
- PEREZ JGDA (1995) Efeitos da temperatura sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit1. *Revista Brasileira de Sementes* **17**, 1-8.
- PIMENTEL D, ZUNIGA R & MORRISON D (2005) Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological economics* **52**, 273-288. DOI:10.1016/j.ecolecon.2004.10.002
- PIVELLO VR (2005) Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia.info* **33**.
- POUTEAU R, HULME PE & DUNCAN RP (2015) Widespread native and alien plant species occupy different habitats. *Ecography* **38**, 462-471. DOI:10.1111/ecog.00963

- RAGHU S, WILTSHIRE C & DHILEEPAN K (2005) Intensity of pre-dispersal seed predation in the invasive legume *Leucaena leucocephala* is limited by the duration of pod retention. *Austral Ecology* **30**, 310-318. DOI:10.1111/j.1442-9993.2005.01475.x
- RAIMONDO FM & DOMINA G (2007) Two new Mimosaceae naturalized in Italy. *Flora Mediterranea* **17**, 209-216.
- REJMÁNEK M & RICHARDSON DM (1996) What attributes make some plant species more invasive? *Ecology* **77**, 1655-1661. DOI:10.2307/2265768
- REJMÁNEK M, RICHARDSON DM, BARBOUR MG *et al.* (2002) Biological invasions: politics and the discontinuity of ecological terminology. *Bulletin of the Ecological Society of America* **83**, 131-133.
- RICHARDSON DM & BLANCHARD R (2011) Learning from our mistakes: minimizing problems with invasive biofuel plants. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **3**, 36-42. DOI:10.1016/j.cosust.2010.11.006
- RICHARDSON DM & KLUGE RL (2008) Seed banks of invasive Australian *Acacia* species in South Africa: role in invasiveness and options for management. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **10**, 161-177. DOI:10.1016/j.ppees.2008.03.001
- RICHARDSON DM, PYŠEK P, REJMÁNEK M, BARBOUR MG, PANETTA FD & WEST CJ (2000) Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions* **6**, 93-107. DOI:10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x
- RICHARDSON DM, ROUGET M, RALSTON SJ, COWLING RM, VAN RENSBURG BJ & THUILLER W (2005) Species richness of alien plants in South Africa: environmental correlates and the relationship with native plant species richness. *Ecoscience* **12**, 391-402. DOI:http://dx.doi.org/10.2980/i1195-6860-12-3-391.1
- ROWLINSON LC, SUMMERTON M & AHMED F (1999) Comparison of RS data sources and techniques for identifying and classifying alien invasive vegetation in riparian zones. *Water SA* **25**, 497-500.
- SABINS FF (1987) *Remote Sensing: principles and interpretation*. Freeman and company, New York, USA.
- SANTANA OA & ENCINAS JI (2011) Levantamento das espécies exóticas arbóreas e seu impacto nas espécies nativas em áreas adjacentes a depósitos de resíduos domiciliares. *Biotemas* **21**, 29-38. DOI:http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2008v21n4p29
- SANTANA VM, BAEZA MJ & BLANES MC (2013) Clarifying the role of fire heat and daily temperature fluctuations as germination cues for Mediterranean Basin obligate seeders. *Annals of Botany* **111**, 127-134. DOI:10.1093/aob/mcs238

- SANTANA VM, BRADSTOCK RA, OOI MK, DENHAM AJ, AULD TD & BAEZA MJ (2010) Effects of soil temperature regimes after fire on seed dormancy and germination in six Australian Fabaceae species. *Australian Journal of Botany* **58**, 539-545. DOI:<http://dx.doi.org/10.1071/BT10144>
- SCHERER LM, ZUCARELI V, ZUCARELI CA & FORTES AMT (2005) Alelopathic effect of aqueous extracts of leucena (*Leucaena leucocephala* Wit) leave and fruit on germination and root growth of canafistula (*Peltophorum dubium* Spreng). *Semina: Ciências Agrárias*.
- SCHOFIELD EK (1989) Effects of introduced plants and animals on island vegetation: examples from Galápagos Archipelago. *Conservation Biology* **3**, 227-239. DOI:[10.1111/j.1523-1739.1989.tb00081.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1989.tb00081.x)
- SHEPHERD JD & DYMOND JR (2000) BRDF correction of vegetation in AVHRR imagery. *Remote Sensing of Environment* **74**, 397-408. DOI:[10.1016/S0034-4257\(00\)00131-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00131-0)
- SOMODI I, ČARNI A, RIBEIRO D & PODOBNIKAR T (2012) Recognition of the invasive species *Robinia pseudacacia* from combined remote sensing and GIS sources. *Biological conservation* **150**, 59-67. DOI:[10.1016/j.biocon.2012.02.014](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.02.014)
- STOW D, HOPE A, RICHARDSON D, CHEN D, GARRISON C & SERVICE D (2000) Potential of colour-infrared digital camera imagery for inventory and mapping of alien plant invasions in South African shrublands. *International Journal of Remote Sensing* **21**, 2965-2970. DOI:[10.1080/01431160050121384](https://doi.org/10.1080/01431160050121384)
- STOW DA, HOPE AS & GEORGE TH (1993) Reflectance characteristics of arctic tundra vegetation from airborne radiometry. *International Journal of Remote Sensing* **14**, 1239-1244. DOI:[10.1080/01431169308904408](https://doi.org/10.1080/01431169308904408)
- TAYLOR S, KUMAR L & REID N (2012) Impacts of climate change and land-use on the potential distribution of an invasive weed: a case study of *Lantana camara* in Australia. *Weed Research* **52**, 391-401. DOI:[10.1111/j.1365-3180.2012.00930.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2012.00930.x)
- THUILLER W, RICHARDSON DM, ROUGET M, PROCHES S & WILSON JR (2006) Interactions between environment, species traits, and human uses describe patterns of plant invasions. *Ecology* **87**, 1755-1769. DOI:[10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1755:IBESTA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1755:IBESTA]2.0.CO;2)
- TSAI F & CHOU MJ (2006) Texture augmented analysis of high resolution satellite imagery in detecting invasive plant species. *Journal of the Chinese Institute of Engineers* **29**, 581-592. DOI:[10.1080/02533839.2006.9671155](https://doi.org/10.1080/02533839.2006.9671155)

- VAN ASSCHE JA, DEBUCQUOY KL & ROMMENS WA (2003) Seasonal cycles in the germination capacity of buried seeds of some Leguminosae (Fabaceae). *New Phytologist* **158**, 315-323. DOI:10.1046/j.1469-8137.2003.00744.x
- VAN KLINKEN RD & FLACK L (2005) Wet heat as a mechanism for dormancy release and germination of seeds with physical dormancy. *Weed Science* **53**, 663-669. DOI:http://dx.doi.org/10.1614/WS-05-008R.1
- VITOUSEK PM (1986) Biological invasions and ecosystem properties: can species make a difference? In: *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*. Springer New York, 163-176. DOI:10.1007/978-1-4612-4988-7_10
- WALCK JL, HIDAYATI SN, DIXON KW, THOMPSON KEN & POSCHLOD P (2011) Climate change and plant regeneration from seed. *Global Change Biology* **17**, 2145-2161. DOI:10.1111/j.1365-2486.2010.02368.x
- WALTON CS (2004) *Leucaena (Leucaena leucocephala) in Queensland*. Land Protection, Department of Natural Resources, Mines, and Energy, Queensland.
- WILCOVE DS & CHEN LY (1998) Management costs for endangered species. *Conservation Biology* **12**, 1405-1407. DOI:10.1111/j.1523-1739.1998.97451.x
- WITTENBERG R & COCK MJ (2001) Invasive alien species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices. In: *Publication of GLSP, CAB International*. Wallingford, Oxon, UK.
- WOLFE BT & VAN BLOEM SJ (2012) Subtropical dry forest regeneration in grass-invaded areas of Puerto Rico: understanding why *Leucaena leucocephala* dominates and native species fail. *Forest Ecology and Management* **267**, 253-261. DOI:10.1016/j.foreco.2011.12.015
- YOSHIDA K & OKA S (2004) Invasion of *Leucaena leucocephala* and its Effects on the Native Plant Community in the Ogasawara (Bonin) Islands 1. *Weed Technology* **18**, 1371-1375. DOI: http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X(2004)018 [1371:IOLLAI]2.0.CO;2
- YOSHIOKA T, SATOH S & YAMASUE Y (1998) Effect of increased concentration of soil CO₂ on intermittent flushes of seed germination in *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*. *Plant, Cell & Environment* **21**, 1301-1306. DOI:10.1046/j.1365-3040.1998.00347.x
- YOUNG KR, EWEL JJ & BROWN BJ (1987) Seed dynamics during forest succession in Costa Rica. *Vegetatio* **71**, 157-173. DOI: 10.1007/BF00039168
- ZALBA SM (2006) Introdução às Invasões Biológicas – Conceitos e Definições. *Cape Town: Programa Global de Espécies Invasoras – GLSP*, 4-5.

- ZAVALETA ES, HOBBS RJ & MOONEY HA (2001) Viewing invasive species removal in a whole-ecosystem context. *Trends in Ecology and Evolution* 16, 454–459. DOI: 10.1016/S0169-5347(01)02194-2
- ZENNI RD & ZILLER SR (2011) An overview of invasive plants in Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 34, 431–446. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042011000300016>
- ZILLER SR (2001) Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. *Ambiente Brasil*. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3> (último acesso 10 02 2016).