

ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO BIOLÓGICA POR *Pinus* spp. EM TRÊS DIFERENTES ÁREAS NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ITIRAPINA (SP, BRASIL)*

Denise ZANCHETTA**
Fábio Vicentin DINIZ***

RESUMO

Constituída por cerrado em suas diversas expressões fisionômicas, a Estação Ecológica de Itirapina sofre com a disseminação de espécies de *Pinus* provenientes da Estação Experimental de Itirapina, com a qual faz divisa. Este trabalho teve como objetivo analisar o processo de invasão biológica dessas espécies de *Pinus* na área da Estação Ecológica, procurando avaliar os seguintes fatores: qual espécie é a mais invasiva na área, quais são os possíveis sítios de disseminação e quais são as áreas mais atingidas pela invasão. Tal avaliação procura dar subsídios para uma estratégia de manejo da área, visando minimizar o processo de contaminação da vegetação nativa por *Pinus* spp. Verificou-se que a espécie *Pinus elliottii* é a mais invasiva na área, sendo os talhões da Estação Experimental os principais sítios de disseminação desta espécie. As áreas úmidas da Estação Ecológica são as mais afetadas, havendo nestes locais uma alta densidade de indivíduos de *Pinus elliottii*. Os resultados sugerem a necessidade de se instalar uma barreira biológica, principalmente nos talhões da Estação Experimental contíguos à Estação Ecológica, visando minimizar a dispersão de sementes destes talhões, além de procurar alternativas de remoção dos indivíduos que já se instalaram nessa Unidade de Conservação do grupo de proteção integral.

Palavras-chave: contaminação biológica; invasão de *Pinus*; cerrado; manejo.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com União Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN (1992) árvores exóticas são aquelas que ocorrem em uma área fora de seu limite natural, historicamente conhecido, como resultado de dispersão acidental ou intencional, por ação humana.

Guimarães (2005) expõe como principal causa da introdução de espécies exóticas no Brasil a utilização de espécies para uso ornamental (32%). O uso de essências florestais para silvicultura ou estabilização do solo, que são as principais utilizações do *Pinus* no Brasil, corresponde a 8% das causas de introdução de exóticas no país. Porém, foi apenas no século XX que se deu início

ABSTRACT

The Itirapina Ecological Station, protecting the Cerrado in its different physiognomical types, is suffering the continuous pressure of *Pinus* invasion (dissemination) coming from its neighbor area, the Experimental Station. The objective of this paper was to analyze the process of this biological invasion forward to quantify the following factors: which species is the most aggressive; which are the possible sites responsible for this dissemination and which areas are the most affected by the invasion. This evaluation intends to support a strategy for management in order to minimize the impact of this *Pinus* spp. contamination process. It was identified that *Pinus elliottii* is the most invasive species of all and that the main source of this invasion is located into the Experimental Station. It is concluded that the wet areas of the Ecological Station are the most affected sites, still having the *Pinus elliottii* as the species with the highest population density. The results suggest the need for a biological barrier between both Stations, looking to minimize the seed dissemination from the closest forest blocks, besides the mechanical cutting of the trees already installed in this restricted protection Conservation Unit.

Key words: biological contamination; *Pinus* invasion; cerrado, management.

aos plantios em larga escala de árvores fora de seu local de origem e em vastas áreas. Nos trópicos e subtropicais do Hemisfério Sul, a maior parte do plantio de espécies exóticas data da segunda metade do século passado, ou seja, são plantios ainda recentes, mas que já ocuparam um alto grau de importância quanto à introdução de espécies exóticas. Os gêneros mais plantados são *Pinus* e *Eucalyptus*. Dentro do gênero *Pinus* podem-se destacar as seguintes espécies como as mais utilizadas: *P. elliottii*, *P. caribaea*, *P. kesiya*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pinaster*, *P. radiata* e *P. taeda*. Essas espécies contribuem, significativamente, para a economia de diversos países. No Brasil, além de seu caráter econômico, o uso de madeira exótica ajuda a preservar as matas nativas, quanto ao extrativismo de madeiras.

(*) Aceito para publicação em abril de 2006.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: feenarioclaroo@yahoo.com.br

(***) Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Avenida 24A, 1515, Bela Vista, 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil. E-mail: fabio_unespro@yahoo.com.br

Richardson (1998) cita que as principais razões para o plantio de espécies exóticas em detrimento de espécies nativas em programas de reflorestamento foram: a) o crescimento mais rápido das exóticas, uma vez que as espécies nativas são mais difíceis de se manejar silviculturalmente e sua biologia, perto das exóticas, não é tão bem estudada; b) as sementes de nativas são mais difíceis de se obter, além de as exóticas geralmente se desenvolverem bem em áreas degradadas, áreas de pastagem e cerrados (principais áreas visadas para este tipo de cultura), e c) as indústrias florestais utilizam preferencialmente o *Pinus* e o *Eucalyptus*, pois são menos susceptíveis a pragas e doenças. Muitos dos reflorestamentos têm sido efetuados em áreas de campos e cerrados, pois muitos destes ambientes naturais não são adequados para a agricultura, embora apresentem uma alta biodiversidade local.

Considerável atenção tem sido dada aos efeitos das plantações de espécies florestais exóticas na biodiversidade e recursos hídricos das áreas reflorestadas. A dispersão invasiva das espécies florestais cultivadas dos locais de plantio para habitats naturais e seminaturais, tem grande impacto em uma ampla gama de propriedades e funções dos ecossistemas. O estabelecimento de plantações florestais nesses ambientes altera totalmente a estrutura da vegetação e, conseqüentemente, a distribuição da biomassa, a densidade de plantas nativas, a altura da vegetação, o índice de área foliar, a queda de folhas e a decomposição, o comportamento em relação ao fogo, a ciclagem de nutrientes e o balanço de energia no sistema (Liesenfeld & Pellegrim, 2004).

Tais invasões provocadas pelo reflorestamento com espécies exóticas vêm causando conflitos no equilíbrio das unidades de conservação. O problema está no fato de que geralmente os reflorestamentos são adjacentes a áreas de vegetação natural, possibilitando que as espécies exóticas invadam e se multipliquem no ambiente natural.

Observa-se, com muita freqüência, que todas as árvores que são amplamente plantadas em ambientes que não sejam os de ocorrência natural da espécie, podem se naturalizar e se disseminar dentro de certas condições. Richardson (1998) expõe que essas espécies se tornam invasoras, passando a se regenerar livremente e produzindo *seedlings* (plântulas), propagando-se em grande quantidade na vegetação natural ou seminatural, a distâncias de até 100 metros, ou mais, das plantas mães. Esse processo constitui-se na contaminação biológica.

De acordo com Ziller & Galvão (2001), contaminação ou invasão biológica é o processo de introdução e conseqüente adaptação de espécies que não fazem parte, naturalmente, de um determinado ecossistema, mas que se naturalizam e passam a provocar mudanças em seus processos ecológicos.

Guimarães (2005) afirma que o problema de contaminação biológica atinge, pelo menos, 103 Unidades de Conservação do Brasil, espalhadas por 17 estados e pelo Distrito Federal. Dentre as espécies mais invasoras, as do gênero *Pinus* encontram-se em primeiro lugar, sendo detectadas em pelo menos 35 Unidades de Conservação das regiões Sul e Sudeste do Brasil. O gênero *Pinus* tem sido registrado como potencial invasor de áreas abertas, sejam elas degradadas ou naturalmente ocupadas por vegetação herbáceo-arbustiva. Além do Brasil, esse gênero está registrado como invasor de ecossistemas abertos em diversas partes do mundo, como Nova Zelândia, Austrália, África do Sul, Argentina e Chile (Ziller, 2001).

O problema de invasão por *Pinus*, no entanto, não é tão recente. O mais antigo relato de invasão por *Pinus* em vegetação natural no Hemisfério Sul é 1855, quando a espécie *Pinus halapensis* foi notada se disseminando em grandes proporções na África do Sul. Atualmente, pelo menos 19 espécies de *Pinus* estão bem estabelecidas no Hemisfério Sul como invasoras de ecossistemas naturais. Dentre as espécies desse gênero mais invasivas em campos abertos no Brasil estão o *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda*, que segundo Lima (2003) figuram entre as 100 maiores invasoras do planeta, listadas pela IUCN.

Vários são os fatores que podem determinar a potencialidade invasiva de determinadas espécies, incluindo as do gênero *Pinus*. De acordo com Hughes & Styles (1989), uma ampla gama de adaptações equipa as espécies invasoras e as tornam soberbas colonizadoras. Richardson (1998) sugere que as invasões podem ser explicadas por um modelo que incorpora os seguintes aspectos: informações nos atributos da espécie, tempo de residência, extensão do plantio, características da cobertura do solo, latitude, regime de distúrbio e a biota local do ambiente invadido. Ziller & Galvão (2001) e Grotkopp *et al.* (2002) apontam algumas características que permitem que as espécies de *Pinus* se tornem potenciais invasoras: alta taxa de crescimento relativo (*relative growth rate* – RGR), grandes quantidades de sementes pequenas e

de fácil dispersão (anemocóricas) a longas distâncias, alta longevidade das sementes no solo, alta taxa de germinação dessas sementes, maturação precoce das plantas já estabelecidas, floração e frutificação mais prolongadas, alto potencial reprodutivo por brotação, pioneirismo, alelopatia e ausência de inimigos naturais. Grotkopp *et al.* (2002), em um experimento conduzido na Universidade da Califórnia, aplicou diversos atributos para se distinguir espécies invasivas de espécies não invasivas. O autor identificou a taxa de crescimento relativo como o fator mais significativo nessa classificação, concluindo que espécies de *Pinus* com alta RGR são mais invasivas que espécies deste gênero que possuam uma baixa RGR.

Os impactos provocados pelas espécies invasoras no ambiente podem ser catastróficos. Dentre os impactos mais citados no meio científico, em relação à contaminação biológica, estão as alterações em processos ecológicos essenciais, como ciclagem de nutrientes, produtividade vegetal, cadeias tróficas, estrutura das comunidades (frequência, dominância e densidade das populações constituintes), distribuição e funções de espécies, distribuição de biomassa, densidade de espécies, porte da vegetação, índice de área foliar, taxa de decomposição, processos evolutivos e relação entre polinizadores e plantas. As plantas invasoras, de maior porte que as nativas, causam maiores impactos, pois ocorre alteração da fisionomia da vegetação, levando à aceleração da perda da biodiversidade.

Ziller (2001) recomenda o estabelecimento de barreiras de quebra-vento ao redor de povoamentos florestais (maiores sítios de disseminação de espécies invasoras, como *Pinus* e *Eucalyptus*, por exemplo), com a finalidade de reduzir a dispersão de sementes, bem como, manter ou restaurar as florestas de galeria como medida de contenção da disseminação de sementes por cursos d'água. No entanto, um estudo prévio deve ser elaborado com a finalidade de determinar qual ou quais espécies devem ser utilizadas na barreira biológica.

O estudo do processo de contaminação por espécies do gênero *Pinus* é de caráter urgente para a conservação de áreas com vegetação nativa. A determinação das espécies mais invasivas e a compreensão dos fatores que desencadeiam o processo de invasão, tais como, fontes de contaminação, velocidade da invasão e fatores intrínsecos e extrínsecos que determinam o potencial invasivo dos *Pinus* spp. podem contribuir para o estabelecimento de uma estratégia de conservação

que garanta a manutenção da biodiversidade da Estação Ecológica e ainda não cause prejuízos aos aspectos produtivos inerentes de uma unidade de uso sustentável, como é o caso da Estação Experimental.

Este trabalho teve, portanto, como principais objetivos, identificar entre as espécies de *Pinus* cultivadas no entorno da Unidade, qual ou quais as mais invasivas na área da Estação Ecológica. Procurou-se determinar, também, os principais sítios de disseminação dessas espécies sobre a área de proteção integral e, por fim, determinar as principais áreas da Estação Ecológica invadidas por *Pinus* spp., procurando identificar os principais fatores que levam a tal invasão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A Estação Ecológica de Itirapina, com seus 2.300 hectares, localiza-se entre as coordenadas geográficas 22° 11' e 22° 15' de latitude sul e 47° 51' e 47° 57' de longitude oeste, englobando terras dos municípios de Itirapina e Brotas. Converte-se numa área de regime especial de manejo constituída pela Área de Proteção Ambiental de Corumbataí-Tejupa-Botucatu, na área de influência da represa do Lobo. Apresenta cobertura vegetal predominantemente constituída por campos, campos cerrados, florestas ripárias e áreas úmidas. Constitui-se, no entanto, na maior área de campo sujo da região formada pelos municípios de São Carlos, Itirapina, Brotas, Analândia, Corumbataí e Rio Claro (Kronka *et al.*, 1998). Por caracterizar-se dessa maneira, a Estação Ecológica de Itirapina está inserida dentro da área prioritária para conservação da flora e da fauna dos cerrados paulistas (PROBIO – SP).

O local, antes de se tornar uma unidade de conservação de proteção integral (em 1984), pertencia à Estação Experimental de Itirapina, com a qual faz divisa atualmente em sua porção sudeste (FIGURA 1). Logo, a Estação Ecológica possui em sua zona de amortecimento extensos reflorestamentos de *Pinus* spp, principalmente junto às áreas de campo úmido da unidade. Essa proximidade com extensos reflorestamentos de espécies exóticas potencialmente invasivas constitui uma séria ameaça à biodiversidade da área protegida, principalmente em decorrência da dispersão de sementes das espécies de *Pinus* pelo vento sobre a área da Estação Ecológica.

O estudo da invasão biológica provocada por *Pinus* spp. na Estação Ecológica de Itirapina foi efetuado em duas etapas.

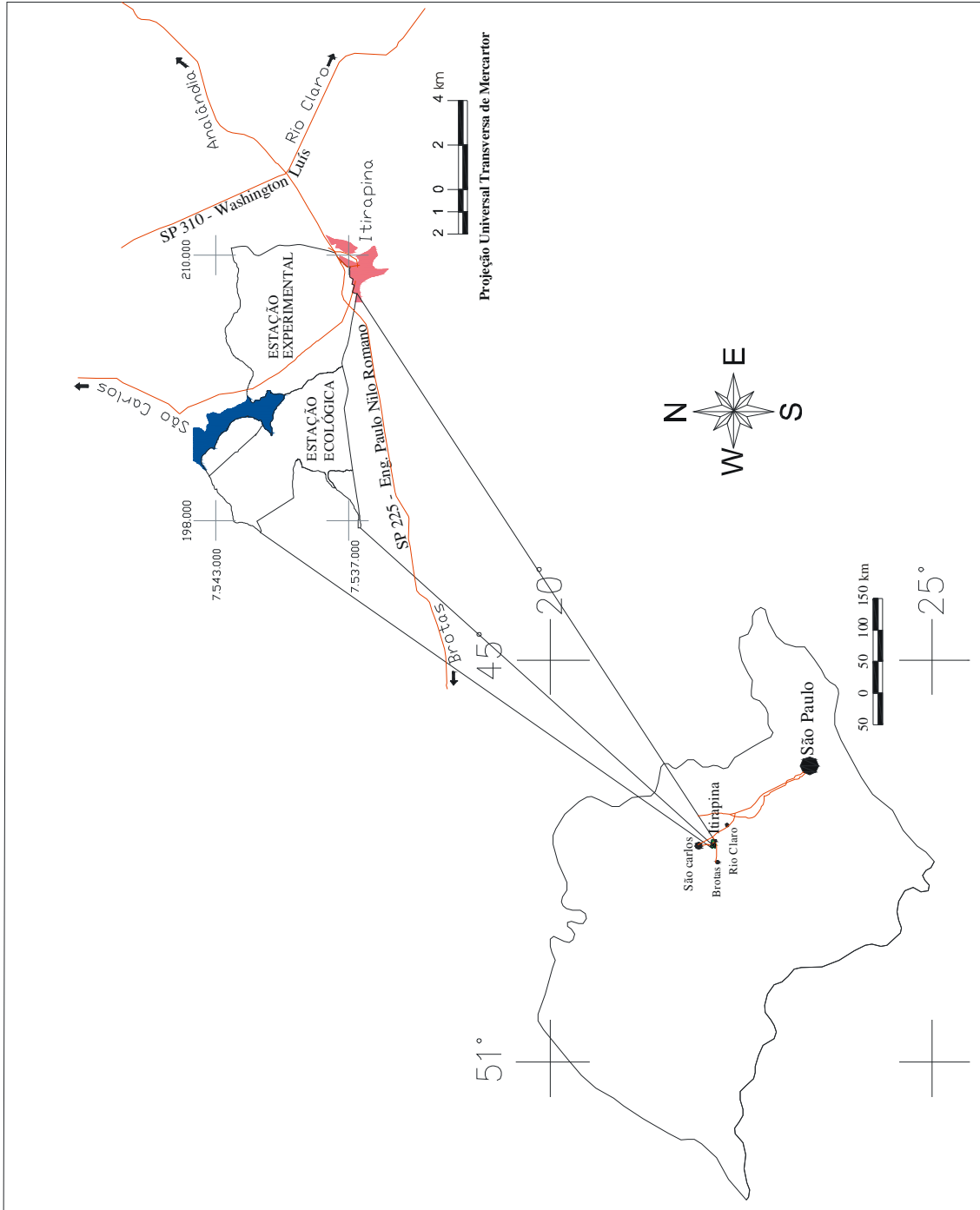


FIGURA 1 – Mapa de localização das Estações Ecológica e Experimental de Itirapina. (Fonte: Zanchetta *et al.*, 2006).

1ª Etapa

Nesta primeira fase do trabalho, o principal objetivo do estudo foi identificar as espécies de *Pinus* mais invasivas na Estação Ecológica, bem como determinar os principais sítios de disseminação destas espécies.

Assim, foram instaladas 27 parcelas de 10 x 20 metros nos locais onde se observou a presença de populações de *Pinus* na Estação Ecológica (denominadas popularmente reboleiras). Em cada parcela foram coletadas amostras de material botânico de todos os indivíduos de *Pinus* presentes. Nesse primeiro momento não se aplicaram cálculos estatísticos para a amostragem, portanto, nenhum outro tipo de dado foi obtido, com exceção da contagem dos indivíduos presentes em cada parcela. O material coletado foi prensado, desidratado em estufa e identificado através de comparação com o material do acervo do Herbário ESA da ESALQ/USP (Piracicaba).

2ª Etapa

Na segunda fase do projeto, os objetivos foram determinar quais áreas da Estação Ecológica, formada por diferentes fisionomias do bioma cerrado, eram mais susceptíveis à invasão por *Pinus*; para isso, houve a necessidade então de se aplicar uma análise estatística, logo, a amostragem para esta etapa teve de ser ampliada.

A coleta de dados realizada na Estação Ecológica de Itirapina, para a avaliação da invasão biológica provocada por *Pinus* spp., baseou-se em um critério de amostragem estratificada seguido por uma amostragem sistemática. Optou-se por uma amostragem estratificada, pois se tratava de uma área muito grande, o que dificultaria a análise dos dados, e ainda porque a mesma apresenta três áreas muito distintas em relação às características abióticas e bióticas do local. Os critérios para a divisão das áreas basearam-se em

observações topográficas, pedológicas e vegetacionais da Unidade. Efetuou-se, também, o cruzamento das informações das cartas temáticas produzidas para o Plano de Manejo dessa Unidade, bem como a análise dos dados referentes ao balanço hídrico da região de Itirapina, fornecidos pela empresa Ripasa S. A. para o período de 1982 a 2003. A descrição das áreas encontra-se a seguir:

• Área Permanentemente Alagada (Área A)

Trata-se de toda a área da Estação Ecológica que está constantemente sob a influência direta do lençol freático que aflora durante o ano todo, permanecendo alagada inclusive nos períodos de estiagem (abril a setembro) quando apenas 23% do total de precipitação média anual é observado (FIGURA 2). São áreas caracterizadas por possuírem declividade entre 0 e 2%, onde as altitudes variam de 710 a 715 m e o lençol freático é muito superficial (FIGURA 3). Possuem solos com horizonte glei e organossolos, característicos de áreas alagadas e com muita matéria orgânica em decomposição (FIGURA 3). A vegetação nessas áreas é caracterizada pela presença de campos úmidos e fragmentos de matas de galeria e matas de brejo. Encontra-se principalmente na porção sudeste da Unidade, seguindo o curso do ribeirão Itaqueri, junto à divisa da Estação Experimental de Itirapina, estendendo-se em direção norte por toda a planície de alagamento até a represa do Lobo. Na confluência do ribeirão do Lobo com o córrego do Cabrito, a área tende a aproximar-se mais ao Ribeirão do Lobo, onde o vale possui maior declividade, estendendo-se, então, ao longo de todo este corpo d'água, em direção ao sudoeste da Unidade, acompanhando, posteriormente, o córrego Lobinho. Ainda na confluência, essas áreas alagadas seguem junto ao córrego do Cabrito em direção a montante (FIGURA 4). A área total é de 550,98 ha.

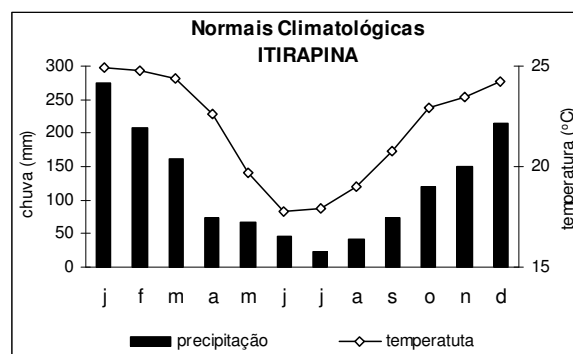


FIGURA 2 – Valores médios de chuva (mm) e temperatura (°C) no período 1982-2003 no município de Itirapina – SP. (Fonte: 1ª Revisão do Plano de Manejo das Unidades de Itirapina – projeto em execução).

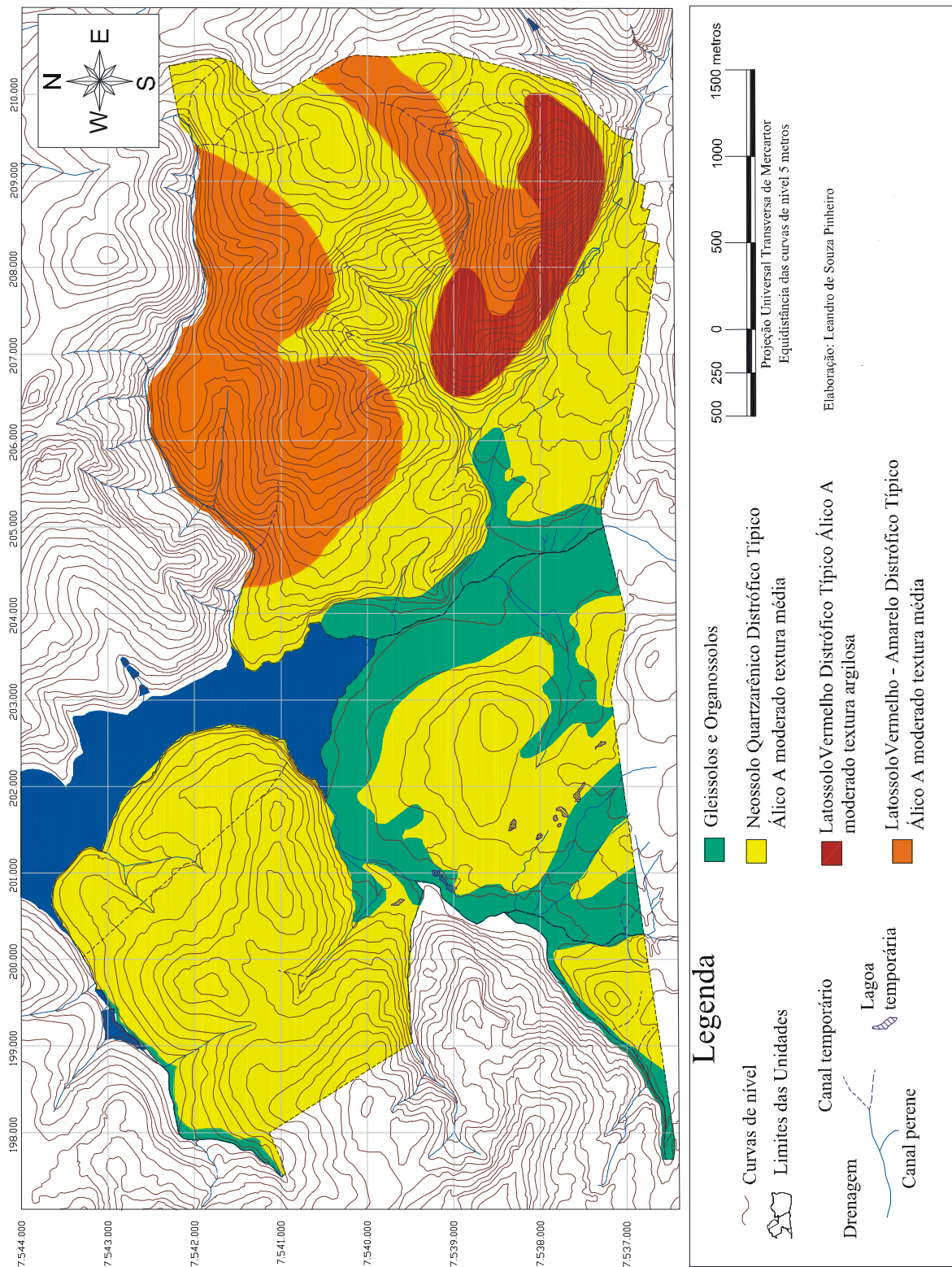


FIGURA 3 – Mapa pedológico e topográfico das Unidades de Itirapina. (Fonte: 1ª Revisão do Plano de Manejo das Unidades de Itirapina – projeto em execução).

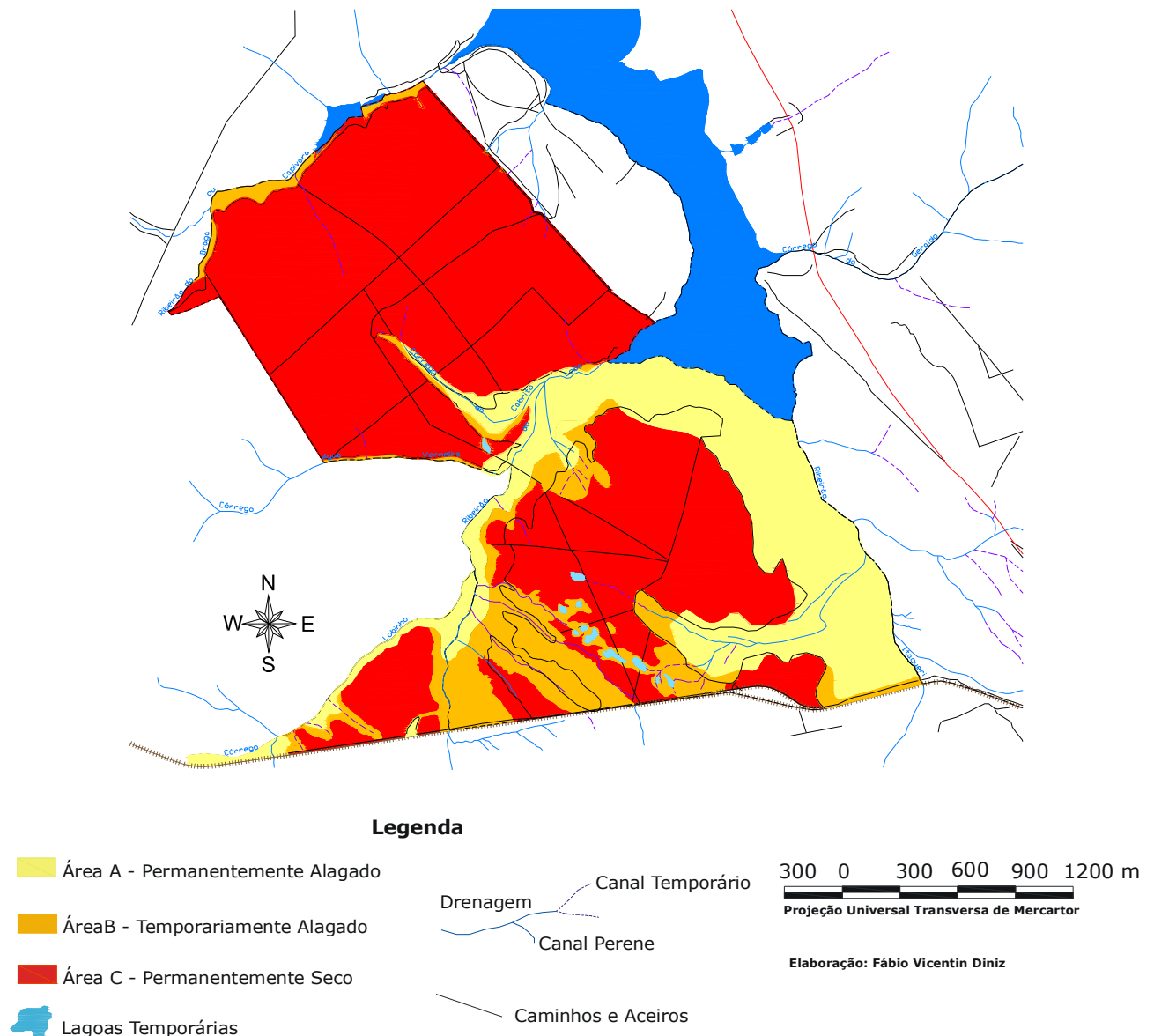


FIGURA 4 – Divisão da área de estudo em três áreas.

• Área Temporariamente Alagada (Área B)

É toda a área da Estação Ecológica sob influência temporária do lençol freático, não tão superficial como na área A. São áreas que se encontram em altitudes um pouco mais elevadas, de 715 a 725 m (FIGURA 3); permanecem alagadas somente no período chuvoso, quando o lençol freático aflora (outubro a março) e quando há a concentração de 77% da precipitação média anual (FIGURA 2). Apresentam, também, por consequência do alagamento, gleissolos e organossolos (FIGURA 3). São caracterizados por possuírem campos úmidos e

fragmentos de campo sujo, campo limpo e campo cerrado como cobertura vegetal. Essas áreas se encontram na porção sul da Unidade, estendendo-se ao norte ao longo do ribeirão do Lobo, acompanhando as áreas permanentemente alagadas até próximo à confluência do ribeirão do Lobo com o córrego do Cabrito. Outros fragmentos desta área são encontrados no extremo norte da Unidade, junto ao ribeirão do Braga (ou Capivara), mais a sudoeste acompanhando as áreas de canais temporários que desembocam no ribeirão do Lobo, e mais ao centro em fragmentos que percorrem o córrego do Cabrito e o córrego da Água Vermelha (FIGURA 4). A área total é de 278,96 ha.

- **Área Permanentemente Seca (Área C)**

Trata-se de toda área da Unidade onde não ocorre a floração do lençol freático. Portanto, são aquelas que não sofrem alagamento algum durante o ano todo. São as áreas mais elevadas da Estação Ecológica, atingindo de 725 a 755 m de altitude (FIGURA 3). Apresenta neossolo quartzarênico distrófico (FIGURA 3) e é caracterizada por possuir uma cobertura vegetal dominante de campo sujo e campo cerrado, com fragmentos de campo limpo e cerrado *sensu strictu*. Praticamente toda a porção norte da Estação Ecológica e todo o centro da porção sul compõem essa área, que se caracteriza por ser a maior das três, com 1.562,93 ha de extensão (FIGURA 4).

A amostragem sistemática foi realizada ao longo das trilhas e aceiros já existentes na Estação Ecológica, marcando-se os pontos de coleta em intervalos de aproximadamente 100 metros. Em cada ponto foram instaladas parcelas de 20 x 20 metros contíguas e perpendiculares à trilha ou aceiro. O número de parcelas instaladas por ponto variou muito devido às dificuldades de instalação das mesmas. Em alguns pontos foi instalada apenas uma parcela, enquanto em outros pontos o número de parcelas chegou a mais de dez. No total foram 360 parcelas instaladas (87 na área A, 76 na área B e 197 na área C).

Efetou-se a contagem dos indivíduos de *Pinus* dentro de cada parcela e os mesmos foram corretamente identificados. Os indivíduos coletados para posterior identificação foram prensados, desidratados em estufa e identificados por comparação com o material existente no acervo do Herbário ESA da ESALQ/USP (Piracicaba). Realizou-se, também, a estimativa da altura de todos os indivíduos de *Pinus* amostrados.

Devido às dificuldade de acesso e locomoção nas áreas de campo úmido (área A), a amostragem foi efetuada por fotointerpretação, através de fotografias aéreas da área da Estação Ecológica de 2002, que mostram claramente as manchas de invasões por *Pinus*, inclusive possibilitando a contagem dos indivíduos. Com a ajuda do programa AutoCAD 2004 foram instaladas parcelas virtuais e realizou-se a contagem dos indivíduos dentro de cada parcela.

Logo, das 87 parcelas instaladas na área A, 55 são virtuais, ou seja, foram feitas por fotointerpretação, as demais (32) foram instaladas no campo. A utilização de técnica de estereoscopia auxiliou na contagem dos indivíduos de *Pinus* dentro das parcelas virtuais, bem como a estimativa de suas alturas.

A análise dos dados foi realizada através do Programa BioEstat 3.0, utilizando-se o teste Kruskal-Wallis para a análise de variância e o método de Dunnett para comparações múltiplas entre as áreas estudadas (para nível de rejeição $p \leq 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A contaminação de ambientes por espécies exóticas tem sido objeto de estudo da comunidade científica há muito tempo, uma vez que é apontada como a segunda maior causa de perda da biodiversidade (Liesenfeld & Pellegrin, 2004). No entanto, não foi encontrado na bibliografia nenhum outro trabalho que avaliasse a invasão biológica por *Pinus* de acordo com as diferentes características abióticas do ambiente invadido, como realizado neste trabalho. No presente artigo avaliaram-se as espécies invasivas, bem como os possíveis sítios de disseminação destas espécies e, principalmente, quais as áreas mais invadidas, estabelecendo-se um paralelo com as características abióticas (relevo, tipo de solo e nível de precipitação) destas áreas.

Como resultado da primeira etapa do trabalho, foram amostrados 650 indivíduos do gênero *Pinus*, sendo 649 pertencentes à espécie *Pinus elliottii*, e apenas um indivíduo de outra espécie (*Pinus* sp.).

Os principais plantios do gênero *Pinus* encontram-se na Estação Experimental de Itirapina. Trata-se de uma área de 3.212 hectares, com aproximadamente 130 talhões com plantios de diversas espécies do gênero *Pinus* e algumas espécies do gênero *Eucalyptus* (Delgado *et al.*, 2004); destes, aproximadamente 27 talhões fazem a divisa da Estação Experimental com a Estação Ecológica (FIGURA 5).

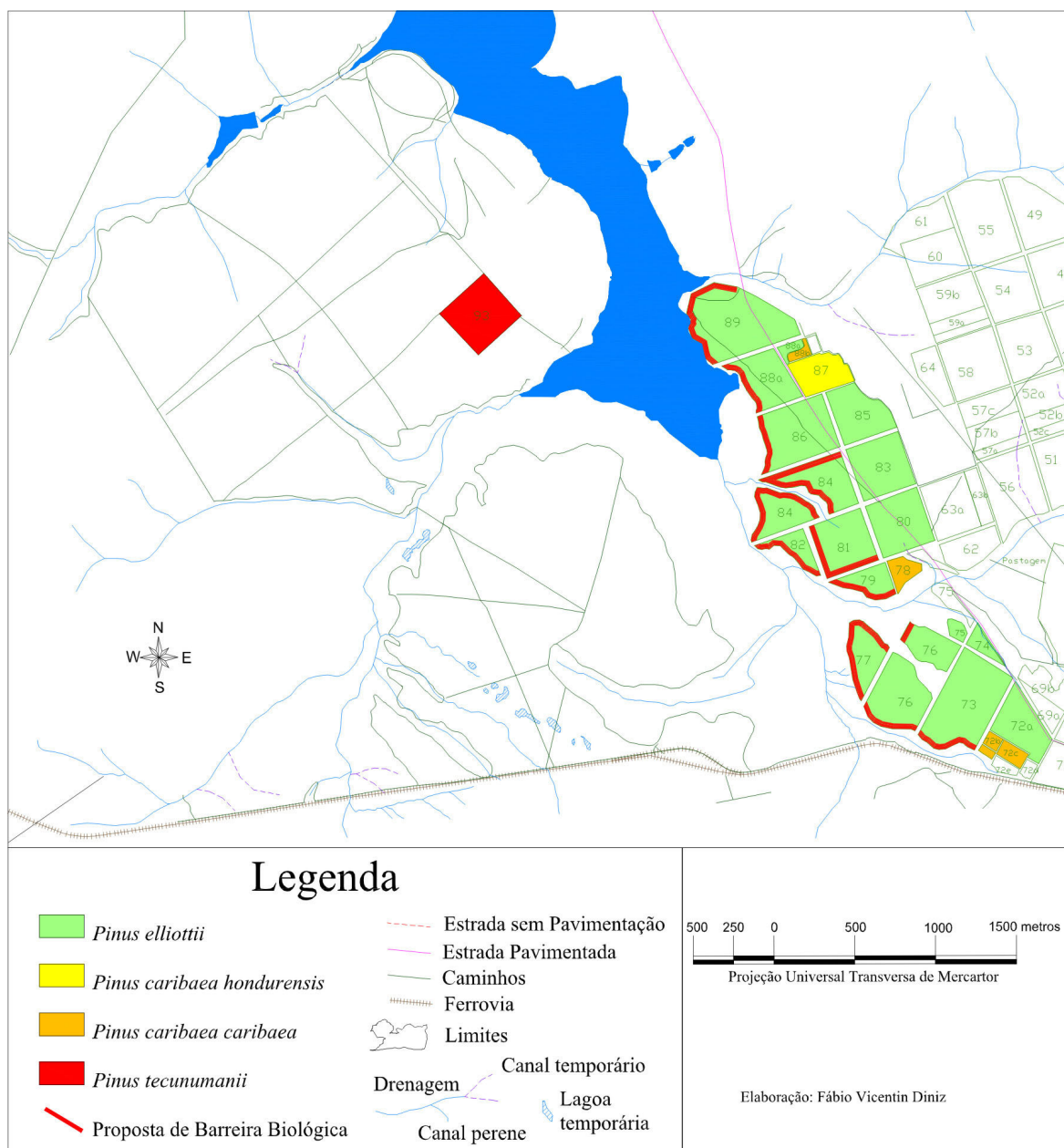


FIGURA 5 – Sítios de disseminação de *Pinus* sobre a Estação Ecológica e proposta da barreira biológica para contenção da dispersão de sementes destas espécies.

Ledgard & Langer (1999) constataram um aspecto importante: quando a implantação de povoamentos ocorre nas porções mais elevadas do relevo, estes plantios se constituem em potenciais sítios de disseminação. Os autores definem sítios de disseminação como áreas a partir de onde a dispersão de sementes é potencializada em função de uma posição no relevo e/ou da direção dos ventos predominantes. Esses 27 talhões da

Estação Experimental de Itirapina se situam em uma posição mais elevada no relevo em relação à área da Estação Ecológica, conforme pode ser visto na FIGURA 3. Assim, esses talhões são considerados aqui como os principais sítios de disseminação de *Pinus* sobre a Estação Ecológica; isto ainda é reforçado pelo fato de que 20 desses talhões são plantios de *Pinus elliottii*, a espécie invasora de maior incidência na Estação Ecológica.

Na segunda etapa do trabalho, foram amostrados 253 indivíduos de *Pinus* na área A, 121 indivíduos na área B e 46 indivíduos na área C.

A grande maioria (97%) dos indivíduos de *Pinus* amostrados é da espécie *Pinus elliottii*, confirmando a alta capacidade invasiva desta espécie nas áreas de cerrado da Estação Ecológica de Itirapina (FIGURA 6). A alta capacidade invasiva do *Pinus elliottii* já foi confirmada por Ziller (2001)

ao estudar os impactos da invasão desta espécie nas estepes gramineo-lenhosas do Paraná. Além da alta capacidade invasiva da espécie, a autora atribui a susceptibilidade de ambientes com cobertura vegetal aberta à invasão por *Pinus*. Isso se deve, principalmente, pelo fato de o gênero *Pinus* ser constituído essencialmente por espécies pioneiras que se desenvolvem muito bem em áreas abertas, onde a incidência de raios solares é maior.

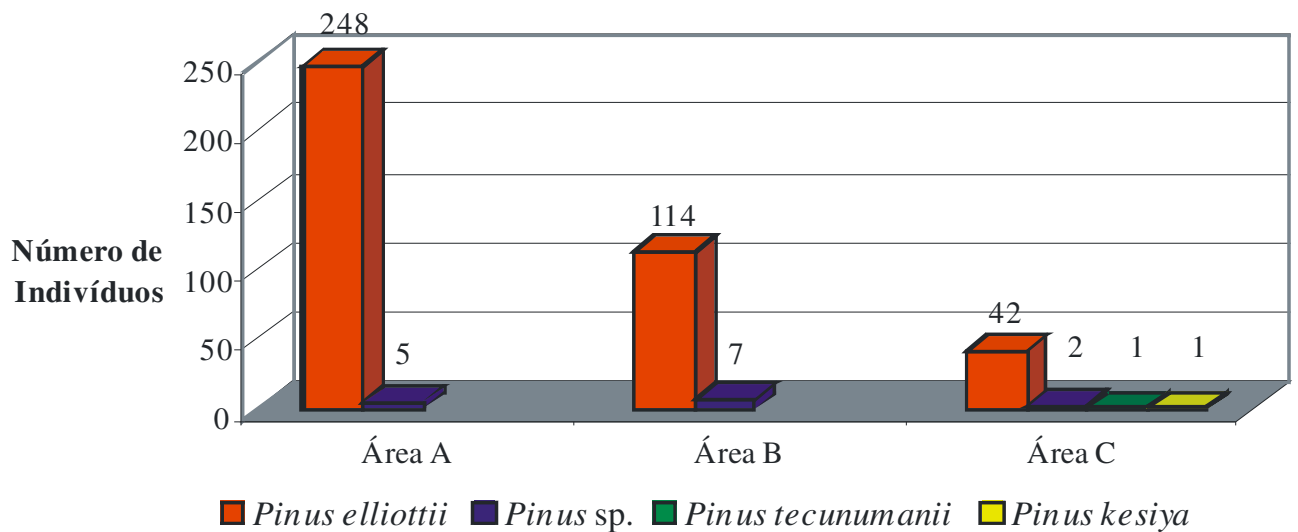


FIGURA 6 – Número total de indivíduos de *Pinus* amostrados por área.

Kageyama & Piña-Rodrigues (1993) relacionam a produção de sementes ao estágio de sucessão em uma floresta. Espécies tropicais pioneiras possuem rápido crescimento, são heliófitas e com início de florescimento muito mais precoce do que as espécies secundárias e clímax. O fato de receberem altos níveis de insolação permite que essas espécies acelerem seus processos fisiológicos de maturação, algo também observado em indivíduos de bordadura de talhões e de cumes de morros, os quais recebem, quase que constantemente, a luz solar durante o dia todo.

As espécies tendem a adaptar-se com maior facilidade a ambientes climática e ambientalmente similares à sua região de origem. Isso explica a rápida adaptação de seus ciclos de germinação e ocupação em novos ambientes que sofrem perturbações naturais ou induzidas. *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, duas espécies muito invasivas segundo a literatura, são provenientes da costa atlântica do Sudoeste dos Estados Unidos

(Flórida) e Golfo do México (Lorenzi *et al.*, 2003), duas áreas com características climáticas muito semelhantes às do Brasil, o que torna, naturalmente, o ambiente susceptível à invasão. Kronka *et al.* (2005), ao descreverem a espécie *Pinus elliottii*, fornecem informações que permitem inferir sobre os locais onde esta espécie pode ocorrer com maior frequência. Tal espécie é o principal pinheiro do Sudeste dos Estados Unidos, crescendo em solos arenosos em altitudes inferiores a 990 m, em áreas apresentando um clima quente com verão úmido e primavera com menor precipitação pluviométrica. No Brasil, encontra condições ideais de crescimento desde o Rio Grande do Sul até o centro do Paraná e sul de São Paulo, requerendo chuvas uniformemente distribuídas durante o ano, invernos frios e sem déficit hídrico.

No entanto, mesmo em locais de mesma região climática, alguns ambientes são muito mais susceptíveis à invasão do que outros. Três possíveis fatores podem explicar essa susceptibilidade,

são eles: a) a redução da diversidade natural, uma vez que por apresentar nichos ecológicos vagos, estes são preenchidos pelas espécies invasoras, b) a ausência de competidores, predadores e parasitas para as espécies invasoras, apresentando vantagens competitivas das mesmas em relação às nativas, e no caso de *Pinus* e outras espécies pioneiras, o fato de ambientes abertos serem mais susceptíveis à invasão, por gerarem condições ideais para o estabelecimento destas. Dentre 53 casos de invasão pelo gênero *Pinus* analisados até 1991, 53% referem-se a comunidades herbáceas, 23% a solos expostos, 8% a vegetação arbustiva e 8% a florestas (Richardson, 1998).

Outras duas espécies diferentes aparecem na amostragem da área seca, tratam-se de *Pinus tecunumanii* e *Pinus kesiya*. Apesar de serem representados com apenas um indivíduo amostrado, a presença dessas duas espécies, como regeneração de *Pinus* nas áreas secas da Estação Ecológica, demonstra que, embora em menor escala, podem-se constituir em fontes propagadoras de contaminação.

Observando a FIGURA 5 é possível distinguir na porção norte da Estação Ecológica um talhão com plantio de *Pinus*. Esse talhão é um remanescente de três talhões experimentais, implantados antes da criação da Estação Ecológica. Dos dois talhões já retirados, um deles, localizado na porção sul da Unidade, era um plantio de *Pinus caribaea bahamensis*, e o outro, localizado ao lado do talhão remanescente, era um plantio de *Pinus caribaea hondurensis* (Delgado *et al.*, 2004). O talhão remanescente possui um plantio misto de *Pinus tecunumanii* e *Pinus caribaea hondurensis*, além de uma estreita faixa, já cortada, de *Pinus kesiya*. Provavelmente o indivíduo de *P. tecunumanii* amostrado é proveniente da dispersão de sementes desse talhão, caracterizando-o, também, como um sítio de disseminação. Quanto a *Pinus kesiya*, a dispersão fica restrita ao banco de sementes ainda viáveis no solo, e aos indivíduos que já são provenientes da regeneração e que estão dispersando novas sementes.

Comparado ao potencial invasivo observado para *Pinus elliottii* na área, a presença desses dois indivíduos pode ser insignificante. Mas, se tratando de uma área de preservação permanente, a simples presença destes indivíduos de *Pinus tecunumanii* e *Pinus kesiya* demonstra a capacidade destas espécies em se tornarem, no futuro, invasoras na área, principalmente se for controlada a invasão por *Pinus elliottii*, o que permitiria a abertura de nichos vagos para que estas espécies se propagassem.

Os resultados indicam que áreas com maior saturação hídrica do solo são mais susceptíveis à invasão por *Pinus elliottii*. Isso fica claro quando se analisa a altura média dos indivíduos amostrados na área A, em comparação com aqueles amostrados nas áreas B e C (TABELA 1). A altura média dos *Pinus* amostrados é maior na área A, que se caracteriza por ser permanentemente alagada, em comparação com a altura média dos indivíduos da área C, permanentemente seca, que é a mais baixa. A área B, por se caracterizar como uma área de transição entre as áreas A e C, possui indivíduos de *Pinus* com altura média intermediária aos valores observados para estas duas áreas.

Aplicando-se um teste de Kruskal-Wallis sobre os dados da altura, observou-se que o valor H é altamente significativo ($H = 21,6145$), logo, as diferenças geomorfológicas das áreas influenciam no desenvolvimento em altura dos indivíduos de *Pinus*. Em uma análise comparativa entre as três áreas, feita pelo método de Dunnett (TABELA 2), observa-se que não há diferença significativa entre as áreas A e B, mas ambas diferem significativamente em relação à C, portanto, provavelmente dentre os principais fatores que delimitam a invasão por *Pinus* na área da Estação Ecológica de Itirapina, as características geomorfológicas, principalmente com relação à saturação hídrica do solo, são aquelas que mais influenciam no estabelecimento destes indivíduos.

TABELA 1 – Relação de alturas mínimas, máximas e médias dos indivíduos amostrados nas três áreas.

Área	Nº de Indivíduos Amostrados	Alt. Mínima (m)	Alt. Máxima (m)	Alt. Média (m)
A	253	0,30	12,00	3,03
B	121	0,35	8,00	2,74
C	46	0,20	15,00	2,19

TABELA 2 – Resultados das comparações obtidas pelo método de Dunnett para as três áreas estudadas, quanto à avaliação das alturas.

Comparações (método de Dunnett)	Dif. Postos	Z calculado	Z crítico	p
Postos médios A e B	2,6725	0,1990	2,394	ns
Postos médios A e C	88,4634	4,5684	2,394	< 0,05
Postos médios B e C	85,7909	4,0902	2,394	< 0,05

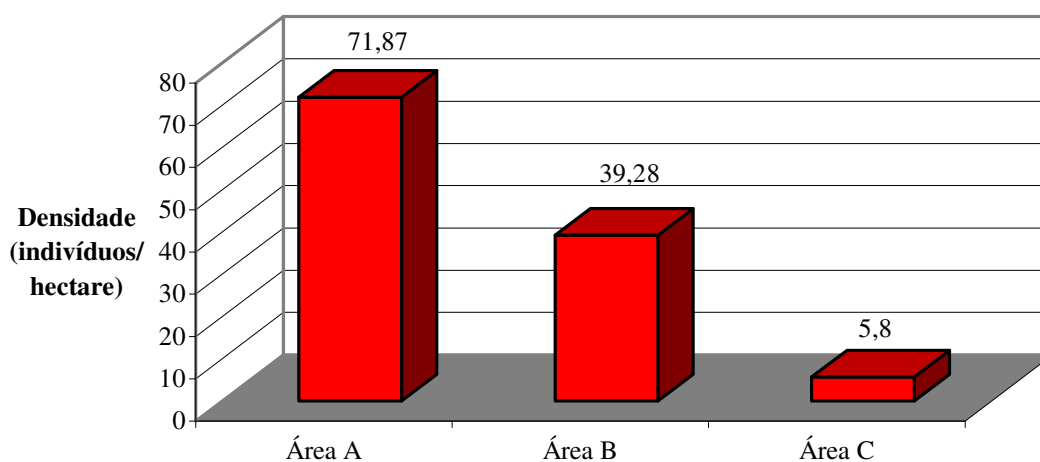
A TABELA 3 indica as freqüências absolutas por classes de altura para as três áreas. Observa-se nela que a maior freqüência de indivíduos ocorre, para as três áreas, na classe 1 (alturas variando de 0,20 a 3,90 metros). A classe 4 (indivíduos variando de 11,31 a 15,00 metros de altura) apresenta, em todas as áreas, os menores índices de freqüência. Isso pode indicar que a invasão por *Pinus* na Estação Ecológica de Itirapina, apesar de ser um processo já observado há um bom tempo, ainda se apresenta em seus estágios iniciais,

possibilitando que medidas de manejo sejam tomadas de modo mais efetivo para manter a conservação da área em estado natural. Tais resultados também indicam que, dentre as três áreas observadas, a área A é a mais homogênea (apresenta mais indivíduos em classes intermediárias de altura), provavelmente por ser o local onde a invasão por *Pinus* é mais estabelecida.

Outro resultado obtido neste trabalho foi a alta densidade de *Pinus* observada para a área A, como mostrado na FIGURA 7.

TABELA 3 – Freqüências absolutas e relativas, por classes de altura, nas três áreas amostradas na Estação Ecológica de Itirapina (nj = freqüência absoluta).

Classes		nj (Área A)	%	nj (Área B)	%	nj (Área C)	%
0,20 a 3,90 metros	1	171	67,6	79	65,3	40	87
4,00 a 7,60 metros	2	57	22,5	40	33	1	2,2
7,61 a 11,30 metros	3	22	8,7	2	1,7	2	4,3
11,31 a 15,00 metros	4	3	1,2	0	0	3	6,5
Total		253	100	121	100	46	100

FIGURA 7 – Densidade de *Pinus* nas áreas estudadas.

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F. V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil).

Apesar de a área C ter quase que o dobro do tamanho em extensão da área A, esta última possui uma densidade absoluta cerca de 12 vezes maior que o primeiro. Um teste de Kruskal-Wallis aplicado também a esses dados, demonstrou que as diferenças são altamente significativas ($H = 119,0540$).

Na comparação entre as três áreas realizada através do método de Dunnett, observou-se que há uma diferença significativa entre elas (TABELA 4), logo, a análise dos dados confirma que realmente a área A é a mais afetada pela invasão de *Pinus*.

TABELA 4 – Resultados das comparações obtidas pelo método de Dunnett para as três áreas estudadas quanto à avaliação das densidades absolutas.

Comparações (método de Dunnett)	Dif. Postos	Z calculado	Z crítico	p
Postos médios A e B	41,4223	2,5351	2,394	< 0,05
Postos médios A e C	136,0940	10,1592	2,394	< 0,05
Postos médios B e C	94,6717	6,7370	2,394	< 0,05

4 CONCLUSÃO

Foi confirmado o potencial invasivo do *Pinus elliottii* ocupando preferencialmente as áreas alagadas da Estação Ecológica de Itirapina, locais onde se obtiveram os maiores índices de densidade absoluta de indivíduos da espécie. Os principais sítios de disseminação dessa espécie são os talhões da Estação Experimental de Itirapina, devido principalmente a sua posição mais elevada no relevo em relação à Estação Ecológica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as constatações descritas anteriormente, há necessidade urgente de se instalar uma barreira biológica na divisa das estações (FIGURA 6). A barreira deve ser instalada nos talhões que fazem fronteira com as áreas de campo úmido da Estação Ecológica (talhões 73, 76, 77, 79, 81, 82, 84, 86, 88 e 89), cujas variedades de *Pinus* sp. devem ser substituídas por espécies que possam formar um gradiente de altura de modo a conduzir a direção dos ventos. O dossel mais alto e denso pode ser constituído tanto por espécies de *Pinus* com menor produção de sementes, como também por espécies de *Eucalyptus*, por exemplo. As espécies que constituirão os dosséis médio e baixo devem ser objeto de estudos mais aprofundados para que, quando indicadas, sejam as mais adequadas no sentido de não oferecer novos riscos de contaminação, o que resultaria em um agravamento da situação atual.

Com relação ao talhão com plantio de *Pinus tecunumanii* e *Pinus caribaea hondurensis*, remanescente dos três talhões experimentais implantados na Estação Ecológica antes da criação da Unidade, propõe-se o corte raso do mesmo, assim que este importante material genético for reproduzido e implantado em outro local, pois se trata de uma Unidade de Proteção Integral, onde são inadmissíveis plantios com exóticas.

Recomenda-se, ainda, medidas imediatas que intervenham diretamente no problema, como é o caso das práticas de extração do material exótico, através de intervenção direta, no âmbito da vegetação nativa da Estação Ecológica. Essa medida deve ser realizada em curtos períodos de tempo, antes de os indivíduos de *Pinus elliottii* atingirem a idade de sete anos, quando ocorre o período de maturação de suas sementes, ocasionando regeneração do material genético. O processo de contaminação biológica na área de estudo, embora considerado em estágio inicial, contém igualmente indivíduos em estágios adultos e intermediários. Isto posto, é necessário que a intervenção ocorra num período de aproximadamente dois em dois anos, objetivando envolver toda a evolução do processo de desenvolvimento dos contaminantes.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Concessionária Centrovias Sistemas Rodoviários S.A. e a valiosa colaboração dos seguintes profissionais: Graduanda em Engenharia Florestal Érica Silva Mendonça (ESALQ/USP, Piracicaba),

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F. V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil).

Eng. Florestal e Agrônoma Ana Clarissa Alves Negrini (ESALQ/USP, Piracicaba), Gilson Giamez (Estação Experimental de Itirapina - IF/SMA), Prof. Dr. Hilton Tadeu Z. do Couto (ESALQ/USP, Piracicaba), Profa. Dra. Leila Cunha de Moura (UNESP, Rio Claro), Prof. Dr. Ricardo R. Rodrigues (ESALQ/USP, Piracicaba), Eng. Agrônomo Plínio de Sousa Fernandes, Dr. Edgar F. de Luca (FEENA, Rio Claro) e Geógrafo Leandro de Souza Pinheiro (UNESP, Rio Claro).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DELGADO, J. M. *et al.* Plano de Manejo Integrado das Unidades de Itirapina – SP. **IF Sér. Reg.**, São Paulo, n. 27, p. 1-153, 2004.

GROTKOPP, E.; REJMÁNEK, M.; ROST, T. L. Toward a causal explanation of plant invasiveness: seedling growth and life-history strategies of 29 pine (*Pinus*) species. **The American Naturalist**, Chicago, v. 159, n. 4, p. 398-419, 2002.

GUIMARÃES, T. Espécie invasora ataca áreas protegidas. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 16 maio 2005, Folha Ciência, página A13.

HUGHES, C. E.; STYLES, B. T. The benefits and risks of woody legume introductions. **Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.**, St. Louis, v. 29, 1989, p. 505-531.

UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA - IUCN. **Guidelines for protected areas management categories**. Gland, 1994. 29 p.

KAGEYAMA, P. Y.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. Fatores que afetam a produção de sementes. In: AGUIAR, I. B. de; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: ABRATES, 1993. cap. 1, p. 19-46.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 156 p.

KRONKA, F. J. N. *et al.* **Áreas de domínio do Cerrado no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1998. 84 p.

LEDGARD, N. J.; LANGER, E. R. **Wilding prevention** – guidelines for minimizing the risk of unwanted wilding spread from new plantings of introduced conifers. New Zealand: Forest Research, 1999. 20 p.

LIESENFELD, M. V. A.; PELLEGRIM, L. M. **Risco biológico**: a invasão por *Pinus* e a problemática das espécies alienígenas vegetais no Parque Estadual de Itapuã - Viamão, RS. Pelotas: Instituto Gaúcho de Estudos Ambientais, 2004. 9 p.

LIMA, L. Espécies invasoras. **Rev. Galileu**, São Paulo, n. 145, p. 45-56, 2003.

LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas no Brasil**: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

RICHARDSON, D. M. Forestry trees as invasive aliens. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 12, n. 1, p. 18-26, 1998.

VIEIRA, S. **Estatística experimental**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 184 p.

ZANCHETTA, D. *et al.* **1ª revisão do Plano de Manejo das Unidades de Itirapina** – projeto em execução. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, 2006. Não publicado.

ZILLER, S. R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Rev. Ciência Hoje**, São Paulo, v. 20, n. 178, p. 77-79, 2001.

ZILLER, S. R.; GALVÃO, F. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 42-47, 2001.