

ESTUDO ECOLÓGICO DO PAU BRASIL BÚZIOS

JANIS ROZE E AMANDA BERNAL



PAPÉIS AVULSOS

Nº5: PP1 - 29. 1 DE AGOSTO, 2017

Prefácio

É com muito prazer que compartilhamos o trabalho de pesquisa em Português realizado no “bosque” de Pau-Brasil, localizado no município de Armação dos Búzios, entre as praias das Caravelas e José Gonçalves.

Investigação dirigida e realizada pelos biólogos e co-fundadores do Instituto Ecológico Búzios Mata Atlântica (IEBMA), Dr. Janis Roze e a Dra. Amanda Bernal Carlo, com uma grande equipe de colaboradores locais e internacionais durante 9 anos (2003-2012), com base em uma investigação preliminar dos biólogos iniciada pela descoberta das centenas de árvores de Pau Brasil em 1998.

As tarefas foram realizadas com esforços e fundos particulares dos professores e IEBMA. Estes trabalhos foram realizados com o fim de colaborar com o cuidado responsável e sustentável da biodiversidade e beleza única desta reserva em Búzios, Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil (APA).

O objetivo principal deste documento é oficializar mais um registro de importância ambiental, e também histórica para Búzios, como parte do legado de Janis Roze para esta cidade, e para o mundo. Porque, usando as próprias palavras desse mestre: “ O Futuro de Búzios é verde”.

Hugo Iurcovich
Presidente do IEBMA
Instituto Ecológico Búzios Mata Atlântica

Sumário

Resumo	05
Introdução	09
Distribuição	13
Descrição do Pau Brasil	14
Estudo de Região	16
Descrição geral da área de estudo	19
Procedimento	21
Resultados e discussão	
Área G1	23
Área G2	40
Conclusões	45
Agradecimento	48
Bibliografia	49

Papéis Avulsos

No. 5: pp1 - 29. 1 de Agosto, 2017



Instituto Ecológico Búzios Mata Atlântica
C. P. 112331, (CEP 28.950-000) Praia das Caravelas,
Búzios, RJ, Brasil

E-mail: jroze3377@gmail.com (temp.)

Papéis Avulsos

No. 5: pp. 1 – 30. 1 de Agosto, 2017



Instituto Ecológico Búzios Mata Atlântica
C. P. 112331, (cep.28500-000) Praia das
Caravelas,
Búzios, RJ, Brasil

Email: jroze3377@gmail.com (temp.)

**Brazilwood - Pau Brasil - (*Caesalpinia echinata*),
ecology of its growth, dispersal and nearest
distance in the region of Búzios, Rio de Janeiro,
Brazil**

**Pau Brasil - (*Caesalpinia echinata*), ecologia de
seu crescimento, dispersão, e distância mais
proxima na região de Búzios, Rio de Janeiro,
Brasil**

**John Gillen¹, Amanda Bernal-Carlo², Janis Roze³,
Leonardo Sandre⁴ and Jano Roze⁵**

Resumo

Após um resumo geral sobre a Madeira Brasileira, *Caesalpinia echinata*; conhecida no Brasil, como Pau Brasil (PB), este estudo ecológico abrange dados de tamanho, crescimento, dispersão e distância mais próxima das mudas e árvores crescentes em duas áreas da ecoregião de restinga no litoral Atlântico de floresta

¹ jgillen@hostos.cuny.edu, Hostos Community College, CUNY, New York, USA

² acarlo@hostos.cuny.edu, Hostos Community College, CUNY, New York, USA

³ jroze3377@gmail.com, Graduate Center, Biology, City University of New York, USA

Biologia, Pontifícia Universidade Católica
Goiás, Goiânia, Brazil

⁴ leonardoSandre@yahoo.com.br, Instituto Ecológico Búzios Mata Atlântica, Búzios, Brazil

⁵ jroze88@gmail.com, Instituto Ecológico Búzios Mata Atlântica, Búzios, Brazil

nos arredores de José Gonçalves, próxima de Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. Devido à sua intensa exploração no passado e atualmente, esta famosa, histórica e economicamente importante espécie, é considerada em perigo de extinção pelas instituições brasileiras e internacionais.

Os dados ecológicos de um total de 574 mudas, árvores jovens e maduras foram coletados entre os anos 2003 e 2012. A principal área de pesquisa (G1) tinha uma porção de floresta aberta de 336m², cercado por uma floresta fechada. A área comparativa da pesquisa (G2), estudada em 2012, com uma floresta parcialmente aberta, cercada por mata fechada, estava a aproximadamente 500 m da área principal. Na área G1, dependendo muito das condições ecológicas e climatológicas, o crescimento do PB varia de ano para ano. As médias de crescimento varia de 7,7cm/ano (2008/2009) até 19,4cm/ano (2005/2006). Nenhuma diferença significativa no crescimento (2008/2009) foi encontrada nas planta pequenas (35-56cm) com crescimento de 10,3% e as plantas altas (62-80cm) com crescimento de 11,9%. A gama de crescimento geral é de 0 – 27cm/ano, ou 0% - 59,5% por ano. As plantas medidos em continuo crescimento 2004/2008 (quatro

anos), mostram uma grande espalhar entre 6 – 108 cm; a média de 59,4 cm, mediana de 68 cm.

No estudo da área G1, dentro da floresta, a altura das árvores-mães varia entre 700 – 1150cm, media 950cm (estimativo), enquanto que na área de medições na área de mata aberta, cobrindo 336m², as medidas de altura varia entre 290cm até 595cm, media 343,8cm. Na área G2a altura e a circunferência (C) de crescimentúo dos grandes PB dentro da floresta madura, duas Coortes de tamanho e circunferência são Coorte A: C=9 a 27cm. com altura de 180 até 320cm; e Coorte B: C= 52 até 90cm, altura 600-750cm. Ambas as áreas estão continuando a produzir plantas novas adicionais. Ambas as áreas continuam a produzir novas plantas adicionais. Como uma amostra da produção, em um 2x2 m² medidos lote com 19 crescente PB, em dois anos 3 novas mudas apareceu, o que representa 16% de aumento.

A dispersão das PB adultos na floresta pouco perturbado (G2), foi medida em um lote único de 20x30 m, foi de 46 m²/ind., ou 0,02 ind/m². Provavelmente, esta amostra representa de foma justa a dispersão de crescimento de adultos de PB na ecoregião da restinga de Búzios, com variações locais devidas a fatores ecológicos e a intervenção humana, particularmente no passado.

A gama de dispersão de mudas e de plantas em crescimeneto em 336m², na principal área aberta de pesquisa (G1), era 1,69 ind/m², ou 0,59 m²/ind. Gama de dispersão de oito lotes de 25 m², era 0,62 – 4,8 ind/m², e 0,21 – 1,47 m²/ind. Áreas parcialmente sombreadas têm as mais altas concentrações de PB, e também o crescimento mais alto de árvores entre 200 – 350cm.

A distância mais próxima em cinco áreas medidas era de 4 – 283 cm, ou seja 66,4 média e 67 mediana. A proximidade entre média e mediana indica que enquanto há variação local para todo o campo de 336m²; a média mais próxima distância mais próxima está perto de uniforme.

Manchas de floresta abertas na mata de restinga oferecem condições ecológicas ótimas para o crescimento e a dispersão do Pau Brasil.

Introdução



Figura 1: Pigmento feito de serragem de pau-brasil

No início da história, reconhecendo a consistência muito dura da madeira, os povos indígenas da costa leste do

Brasil usaram o Pau Brasil para produzir ferramentas de caça, uso doméstico e de combate. Já em 1501, os colonos europeus descobriram o valor comercial da tintura marrom-avermelhada que poderia ser feita a partir do Pau Brasil e a árvore se tornou a primeira grande exportação do Novo Mundo para a Europa. Os primeiros colecionadores desse excelente pau-brasil eram chamados de braseiros, aqueles que colhiam a árvore que parecia brasa, aludindo à cor de brasas de brasas avermelhadas em uma lareira. Assim, o país onde os braseiros colheram a árvore foi batizado de Brasil (Brasil) e se tornou a árvore nacional do Brasil. Portanto, o Pau Brasil também tem um valor histórico-nacional para aquele país. Na região de Cabo Frio e Búzios, os nativos Tamboios colaboraram com os colonos franceses e os piratas na exploração ativa do Pau Brasil, enviando-o para a Europa, até 1565, quando os portugueses, vindos do Rio de Janeiro, os expulsaram.. (Bueno *et al*, 2007).

Nos 300 anos seguintes, a exploração intensiva da árvore continuou, não apenas por seu corante, mas também como madeira para móveis e madeira artesanal, causando uma redução dramática de sua distribuição ao longo da costa leste do Brasil. De certo modo, a árvore foi parcialmente salva na década de 1870 pela invenção de corantes sintéticos que substituíram o agradável

pigmento marrom-avermelhado obtido do Pau Brasil. No entanto, seu uso como uma excelente madeira continuou, contribuindo para uma exploração excessiva. Atualmente, a madeira do Pau Brasil também é amplamente utilizada na fabricação de arcos para instrumentos de cordas, especialmente para violinos. É altamente valorizada por sua flexibilidade em arcos usados com os melhores instrumentos de cordas, tanto que em 2002, em um concerto na famosa Konzerthaus de Viena, todos os músicos usavam o “arco pernambucano” (sendo Pernambuco outro nome para o Pau Brasil). Para homenagear as extraordinárias qualidades do Pau Brasil - Pernambuco, uma das peças originais do compositor Günter Seifert foi na verdade chamada de Valsa Pernambucana (Rymer, 2003). Devido à sua popularidade e distribuição no leste do Brasil, a árvore é conhecida por muitos nomes, como pau-brasil, pau-pernambuco, pau rosado, ibitapitanga, orabutá, brasileto e outros. Serragem de pau-brasil (Fig. 1) ainda é usada como pigmento natural para artistas.

Devido à expansão da agricultura e do desenvolvimento urbano, cerca de 93% da floresta costeira atlântica (Mata Atlântica) foi destruída. Além do Pau Brasil, a região possui várias outras espécies economicamente importantes, incluindo plantas medicinais (Bernal, 2005).

Atualmente, todo o ecossistema corre o risco de desaparecer (Rocha et al, 2007; Silva, 1999). Conforme o SOS Mata Atlântica, a entidade mais ativa para proteger a Mata, cerca de 8,5% da área original total que tem extensões de mais de 100 Ha é deixada (SOS Mata Atlântica, 1993, 1998). O bioma Mata Atlântica contém 72% da população humana do Brasil, ou 145 milhões, exercendo forte pressão sobre o meio ambiente (Adeodato, 2016). Nas últimas décadas, vários esforços têm sido feitos na preservação e restauração da vegetação de restinga (Zamith e Scarano, 2006; Kageyama et al, 2003, Rocha et al., 2000). O tratamento mais abrangente da ecorregião da restinga é o de Lacerda et al, 1984.

Para ajudar a proteger a árvore nacional do Brasil, em 1992 o IBAMA, a agência brasileira para proteger a natureza e regulamentar as políticas ambientais, reconheceu Pau Brasil como uma espécie em extinção. A IUCN declarou-a uma espécie ameaçada e a colocou na Lista Vermelha da IUCN (Varty, 1998). Reconhecendo a importância da árvore nacional do Brasil, o estado do Rio de Janeiro declarou em 2002 a área entre Búzios e Cabo Frio como uma área protegida, “APA do Pau Brasil” (Bueno et al, 2007). Desde que foi declarada em perigo, a árvore recebeu uma proteção urgentemente

necessária. Em 1992, a UNESCO confirmou o incomum valor ecológico da ecorregião da restinga, declarando-a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica do Brasil.

Distribuição

Originalmente, o Pau Brasil estava distribuído por toda a Mata Atlântica no leste do Brasil, abrangendo cerca de 17% do território brasileiro. Atualmente, a Mata Atlântica costeira não cobre mais de 5% de sua distribuição original (Rocha, 2004; SOS Mata Atlântica, 2006). Devido à sua extensa exploração e ao desenvolvimento urbano, a distribuição do Pau Brasil está atualmente reduzida a áreas fragmentadas em nove estados (Aguiar e Aoki, 1983), exibindo significativa diferenciação genética principalmente em Pernambuco, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (Cardoso, et al 1998; Global Tree Campaign, 2003). Além disso, a fragmentação da distribuição geral do Pau Brasil tendeu a reduzir a variação genética dentro das populações individuais, colocando em risco sua continuação bem-sucedida na região (Lira et al, 2003).

Em vários estados, o Pau Brasil é plantado como espécie ornamental (Backes e Irgang, 2004). Está aparecendo

cada vez mais em parques, jardins ao redor de casas e em outras áreas de atividades humanas. O Pau Brasil ainda é encontrado em condições de crescimento natural em reservas declaradas e protegidas nos estados de Pernambuco, Bahia e Rio de Janeiro.

Descrição do Pau Brasil



Figure 2. Tree Trunk of Pau Brasil

inferior do tronco de árvores maduras, tendem a ficar reduzidos ou somem. A raiz é tubular. O tronco das árvores é castanho alaranjado acinzentado. A casca tende a descamar, revelando sob o corpo do cerne vermelho acastanhado característico (Fig. 2). As folhas ramificadas pinadas distribuídas em hastes têm 9 a

Pau Brasil, pau-brasil, *Caesalpinia echinata*, família Fabaceae, (Lewis, 1998) pode crescer até 18 metros de altura. O tronco e os galhos estão cobertos de espinhos que, na parte



Figure 5. Leaves of Pau Brasil

19 pequenos folhetos oblongos (Fig. 5). A inflorescência ramificada transporta 17 a 40 flores com um forte perfume característico. As pétalas são amarelas com uma mancha vermelha (Fig. 3). As frutas estão em vagens verdes ovais, caracteristicamente com cerca de 6 centímetros de comprimento e dois centímetros de



Figure 3. Flowers of Pau Brasil

largura (Fig. 4), cobertas com pequenos espinhos. Uma vez que a vagem libera as sementes marrons, ele escurece e fica torcido. A fase reprodutiva de

floração e produção de sementes pode se estender de setembro a janeiro, mas mais comumente entre novembro e janeiro, dependendo das condições climáticas e outras

condições sazonais locais. Nossas observações e o forte perfume sugerem que os principais polinizadores das flores são abelhas e, também, outros insetos.



Figure 4. seed pods of Pau Brasil

Estudo de Região

Nossa área de pesquisa localiza-se na península de Búzios, na região de Cabo Frio, no Brasil, que abrange a área situada entre 22°30'-23°00' latitude sul e 41°52' a 42°42'-52' longitude oeste. A ecorregião da restinga engloba a vegetação de gramíneas e arbustos costeiros, arbustos altos e, mais para o interior, árvores de até 20 m de altura (Lacerda et al, 1984).

Como a restinga da área de Búzios está parcialmente em uma Mata Atlântica costeira mais diversificada, sua composição é uma mistura de vários ecossistemas característicos do sudeste do Brasil, incluindo alguns elementos da Mata Atlântica tropical (Bernal e Roze, 1995). A área é considerada como tendo características esclerófilas (Cardoso et al, 1998). A área de pesquisa está em uma floresta densa que pode ser caracterizada como uma floresta estacional semidecidual, marginal à floresta costeira atlântica. Durante a estação mais seca a floresta muitas árvores perdem parcialmente suas folhas. No entanto, a formação ecológica da área de pesquisa é um pouco mais exuberante do que as áreas mais secas da restinga.

O fundamento geológico da área é um gnaiss granítico cristalino pré-cambriano com várias intrusões alcalinas.

As planícies costeiras de Cabo Frio - Búzios foram moldadas por várias mudanças recentes no nível do mar, cerca de 2000 anos atrás (FEEMA, 1988).

O clima da região é influenciado por várias correntes e afloramentos frios produzidos pelo impacto da Corrente de Falkland (Martin et al, 1989). A ressurgência fria modera o ar mais quente da área costeira e do interior. A temperatura varia entre 12°C e 36°C, com uma média de 25°C. A baixa precipitação média anual de 770 mm/ano determina a flora da região. Devido aos ventos oceânicos mais frios e úmidos, a umidade relativa média oscila em torno de 83%. A evaporação anual de aproximadamente 930 mm / ano demonstra um desequilíbrio significativo no balanço hídrico. O balanço hídrico no solo tem um déficit geral que influencia o crescimento e desenvolvimento da vegetação local. Adaptabilidade das sementes ao desequilíbrio hídrico geral do solo é um importante fator ecológico para o sucesso do Pau Brasil na ecorregião da restinga.

Algumas das espécies de árvores mais características na área de Búzios são *Tabebuia serratifolia*, *Talisia intermedia*, *Faramea brachyloba* e *Peltogyne discolor* e as espécies ameaçadas, *Swartzia glazioviana*. Menos frequentes são *Sterculia chichi* e *Caesalpinia ferrea*. Esta última é conhecida como a árvore de ferro, com a

madeira mais dura da região e relacionada ao Pau Brasil. *Faramia brachyloba*, uma *Rubiaceae* endêmica, é encontrada em várias áreas de restinga (Araujo, 2007). Na restinga adjacente em Cabo Frio encontram-se espécies características como *Parapitadenia pterosperma* e *Lonchocarpus virgilioides* (Lima, 2000). Ocasionalmente, o cacto-árvore, *Opuntia brasiliensis*, é encontrado em áreas próximas a PB. Orquídeas de baunilha ocasionalmente crescem em troncos PB. Um importante grupo de plantas na região da restinga são as bromélias. Nada menos que 30 espécies ocorrem na região, representando gêneros como *Aechmea*, *Bromelia* e *Neoregelia*. (Paula, 2007). *Aechmea pinelinana* e *A. nudicaulis* são encontradas ocasionalmente na área de estudo geral do PB, especialmente onde há algum solo úmido protegido, como em um barranco local. Como várias das bromélias, especialmente nas árvores, têm a capacidade de reter água durante a estação seca, elas servem como uma importante fonte de água para os animais, como o macaco em extinção, Mico-leão-dourado, *Leontopithecus rosalia*, também para rãs, lagartos e vários invertebrados. Não menos que 80 espécies da restinga da área de Búzios são usadas como plantas medicinais e constituem um recurso significativo para práticas locais de cura (Bernal-Carlo, 2000). Localmente, PB é usado como adstringente e

antidiurético, enquanto a pesquisa atual está explorando seu extrato para tratamento de câncer.

Recentemente, um crescente interesse nos aspectos biológicos do Pau Brasil, especialmente por cientistas brasileiros, produziu informações valiosas sobre isso: o “tesouro” nacional do Brasil. Uma revisão da ecorregião da restinga é de Lacerda, et.al (1984). Relatórios sobre a área de Búzios - Cabo Frio são encontrados em Araujo, 2007, e Araujo et al, 1998. Uma lista de espécies relatadas da área de Búzios é de Fernandes e Sá, 2000. Pesquisas específicas sobre PB abrangem as sementes e sua maturação por Borges et al, 2005, sua longevidade e conservação por Aguiar e Barbosa, 1985, importância da sombra para o crescimento de plantas jovens por Aguiar et al, 2005, a ontogenia de frutos e sementes por Texeira, et al, 2004, bem como sua tolerância à dessecação, estudada por Barbedo et al, 2002.

Descrição geral da área de estudo

A área de pesquisa está localizada perto da vila de José Gonçalves, entre Búzios e a Praia das Caravelas, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Como na região ainda há extensões significativas de áreas naturais

relativamente intocadas do Pau Brasil, em 2002 o estado do Rio de Janeiro designou a área especificamente como uma área protegida para o PB, “APA do Pau Brasil”. (Bueno *et al*, 2007).

Para o nosso estudo, duas áreas de pesquisa comparativa (G1 e G2) foram selecionadas a cerca de 500 metros de distância. A principal área de pesquisa (G1) de aproximadamente 336 metros quadrados é um trecho sem árvores aberto e irregular, cercado por uma floresta de restinga semidecídua de baixa a moderadamente alta.

De 2003 a 2012, como observado no gráfico G1, entre a floresta de árvores altas e o campo aberto, uma faixa estreita de vegetação que poderia ser considerada um ecótono temporário estava gradualmente se formando. Consistia de arbustos mais altos e árvores baixas, entre 125 a 250cm de altura, incluindo algumas espécies não observadas na floresta circundante, ou no campo aberto de pesquisa. Apenas algumas plantas de PB foram encontradas nesta área intermediária. Em 2008, duas novas mudas, altura 5 e 7cm, foram encontradas na área temporária do ecótono. A área do G1 estava em uma área parcialmente ensolarada e parcialmente sombreada produzida pelas grandes árvores circundantes. Um barranco seco corre de um lado da área. Somente em 2007 ele foi parcialmente preenchido com água.

A segunda área de pesquisa complementar e comparável (G2) está dentro de uma extensão florestal geral próxima à cidade de Gonçalves. O G2 está à beira de um pequeno caminho florestal que envolve a floresta. Um cinturão de cerca de 2 a 4m de largura ao longo do caminho estava parcialmente aberto, sem árvores altas. A floresta ao redor da área parecia pouco perturbada e um pouco mais rica do que a floresta ao redor do terreno do G1. As características ecológicas de altura e dispersão foram estudadas apenas em 2012 e não foram coletados dados sobre o crescimento ou a distância mais próxima.

Procedimento

Usando métodos e procedimentos ecológicos padrão, os estudos focaram nas duas áreas de estudo, G1 e G2. Na área de estudo principal (G1), foram estudados tamanho, crescimento anual, dispersão, distância mais próxima e outros dados ecológicos de mudas de PB, brotos e árvores maduras. Os dados anuais de crescimento foram obtidos durante a maior parte dos anos, medindo as plântulas individuais e as árvores jovens, a altura, a dispersão e a distância mais próxima. Mudas e brotos individuais foram marcadas e numeradas com bandas plásticas em várias cores. A circunferência (C) das

grandes árvores-mãe foi medida, sua altura estimada e seu papel na dispersão das plântulas determinadas. A pesquisa cobriu um total de 574 mudas e árvores jovens e maduras. Entre 2007 e 2009 na área do G1, uma parcela de 2x2 m e sete parcelas de 5x5 m selecionadas aleatoriamente foram estabelecidas para estudar tamanho, crescimento e dispersão. Para quatro das parcelas, o posicionamento exato do PB no campo foi determinado medindo as distâncias x-y. Aglomerados selecionados aleatoriamente dentro da área de estudo forneceram informações comparativas sobre a dispersão de PB de crescimento natural na floresta.

Usando instrumentos apropriados e kits de teste padrão do solo e produtos químicos as amostras de temperatura de flutuações diárias e variação da temperatura do ar em 50cm, 5m de altura e temperatura do solo de 10cm e 30cm de profundidade. A análise de pH do solo e os componentes químicos (P, N, K e outros) foram medidos. Dados de temperatura, umidade e solo foram coletados em várias partes da área de estudo, determinando o teor de areia, silte e argila..

Em 2012, na floresta próxima a Gonçalves, em uma área parcialmente sombreada (G2), foram analisadas duas parcelas comparativas: uma de 10x10m e uma de 30x20m. Para as árvores de PB maiores, apenas a

circunferência foi medida e a sua altura estimada, enquanto que nas árvores adultas mais jovens, tanto a altura (A) como a dispersão (D) foram medidas..

Resultados e discussão

Área G1

A área de estudo sem árvores, aberta e irregular, um retângulo aproximadamente curvado, tem cerca de 336 m² (Fig. 6). A área de estudo aberta ainda está em produção ativa de mudas que encontram um local para crescimento. O campo aberto é uma área contínua para dispersão e crescimento para PB. Novas mudas foram encontradas em 2003, 2006, 2007, 2009 e 2010, confirmando a produção de PB em andamento. Em 2007, dentro da parcela de 2x2m medida originalmente em 2005, estavam 3 novas plantas de primeiro ano não encontradas em 2006. Elas representam um aumento anual de 16%.

A área aberta pode ter sido produzida por uma ou mais árvores caídas, mas não foram encontrados grandes troncos de árvores na área, nem quaisquer sinais de tocos de árvores. Uma grande árvore caída na floresta fechada, a cerca de 30 m da área de pesquisa, era cercada por

grandes árvores em pé, sem sinal de um espaço aberto. A cerca de 20 metros do campo aberto de pesquisa havia uma plataforma de árvores velha, decrépita e castigada pelo tempo, similar àquela usada para caçar animais. No entanto, era muito longe para ter sido usado para a caça na área de pesquisa. Assim, a origem do espaço da floresta aberta é desconhecida.

A área de pesquisa de espaço aberto G1 foi descoberta em 1998, mas nenhuma pesquisa foi realizada. A pesquisa foi realizada entre 2003 e 2013. Em 2003, no início da pesquisa, a área sem árvores foi coberta por um estágio inicial de sucessão, característico da floresta estacional decidual de restinga. A vegetação total era principalmente de plantas de baixo crescimento, com poucos arbustos baixos emergentes e pequenas árvores entre 40 a 90 cm de altura e vegetação de tipo grama apenas limitada. As mudas de PB estavam entre a vegetação de 30 a 70 cm de altura e alguns pequenos arbustos que cobriam a área. Como esperado na sucessão ecológica, as árvores e arbustos que crescem mais rapidamente ultrapassaram gradualmente a área que incluía o crescimento do PB. Nem mudas, nem jovens PBs foram encontrados na floresta fechada ao redor; apenas três árvores mãe de PB. Cerca de 16m do quadrado medido estava um PB maduro, C = 12cm e

350cm de altura, com espinhos claramente visíveis no tronco.

Em 2007, o espaço aberto geral de nossa área de pesquisa começou a ficar coberto de vegetação, com arbustos maiores e pequenas árvores, de modo que começava a se fundir com a vegetação de crescimento mais rápido. Aparentemente, várias espécies da vegetação do tipo arbusto crescem mais rápido que o PB, ultrapassando ativamente o espaço vital necessário para sobrevivência e crescimento. Em 2012, a área geral de espaço aberto G1 já estava consideravelmente coberta, com arbustos maiores e pequenas árvores, de modo que estava começando a se assemelhar à vegetação geral circundante ao redor do campo de espaço aberto. Aparentemente, na sucessão ecológica, várias espécies da comunidade em amadurecimento estavam crescendo mais rapidamente que o PB. Como observado em 2013, a sucessão ecológica continuou. Alguns PB ainda estavam dentro da maior altura de crescimento, enquanto muitos estavam abaixo do ritmo geral do crescimento. Isso produziu uma situação em que vários PMs mais altos se mantinham dentro das fábricas de crescimento mais rápido na “corrida para crescer” em direção a uma comunidade clímax. Enquanto a comunidade avançava na sequência dos estágios serais, novas mudas PB ainda

estavam chegando ao local. Em 2007, na área de 2x2 m, medida originalmente em 2005, havia 3 novas fábricas no primeiro ano, não encontradas em 2006. Elas representam um aumento de 16% em dois anos. A baixa densidade das parcelas B1 (Gráfico 1) e B7 (Gráfico 4) encontrava-se no limite entre o campo aberto e a grande floresta que as circundava (ver Fig. 6). Cerca de 16m do quadrado medido de 2x2m estava um grande PB, C = 12cm e 350cm de altura, com espinhas claramente visíveis no tronco.

Sua baixa densidade pode ser devido a:

- a. sua longa distância das árvores mãe,
- b. maior elevação e diferente constituição do solo, e
- c. que a área estava quase completamente coberta por árvores mais altas, (ou todos os três fatores)

Ambas as parcelas estavam no limite entre o campo aberto e a grande floresta que as rodeava, sem o ecótono temporário.

As medições das parcelas B3 e B6 estão em ou perto de um barranco seco, ou riacho seco superficial, que entra a cerca de 18m do riacho ligeiramente maior, também seco. Em julho de 2007, o barranco que começa na cerca de arame farpado a cerca de 80m tinha água com cerca de 25cm de profundidade, encontrada pela primeira e

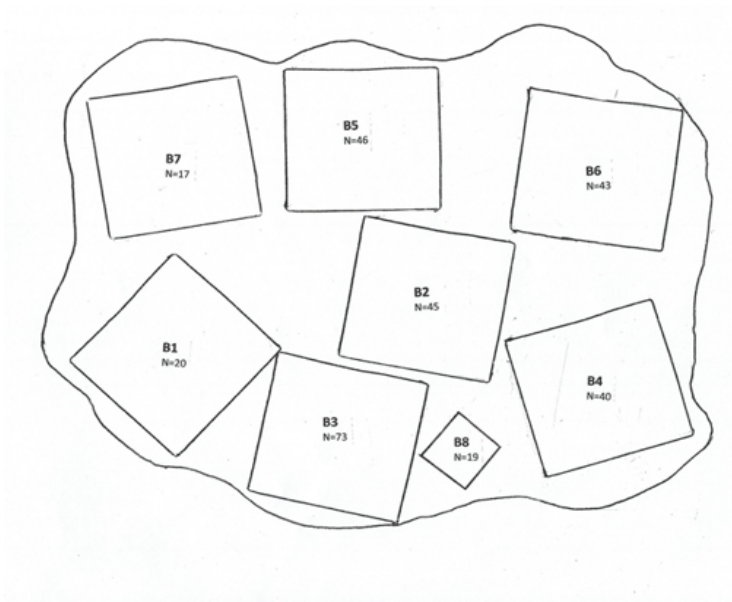


Figure 6. Outline of the G1 study area, with the eight research plots, B1 to B8

única vez desde 1998, quando nossas observações começaram.

Fora da área de pesquisa de campo aberto G1, três árvores-mãe altas de PB foram agrupadas em torno de arbustos altos e árvores entre 4 e 18m de altura. A árvore-mãe mais alta, PBm1 (altura 11,5 m, estimado), é aparentemente a árvore-mãe de toda a população de PB da área aberta com algumas contribuições das duas árvores-mãe menores (PBm2 e PBm3). Análises celulares e genéticas das árvores e das mudas podem fornecer informações interessantes sobre a dinâmica

populacional de toda a área. Apenas duas mudas foram encontradas no cluster de árvores adultas. Aparentemente, a vegetação alta ao redor das grandes árvores impedia uma dispersão mais ativa do PB.

Nº.	Circunferencia (C)	Altura (estim.)	Localização
PB m1,	190 cm	11.5 m	4 m da área G1 medida
PBm2,	91 cm	7 m	4.38 m da PBm1
PBm3	170 cm	10 m	4.20 m da PBm2

A altura das árvores adultas e mães varia entre 290 e 1150 cm (estim.). Na área medida G1, a altura varia de 290 cm a 595 cm, média de 343,8 cm, para plantas dentro da área medida (Coorte A), e 700 - 1050 cm (estimativa), média 950 (Coorte B). A circunferência varia entre 91 - 190 cm, média de 153 cm.

Coorte A (adultas)	(N=4) 290 – 595cm, média 343.8 cm, mediana 390 cm
Cohort B (Mãe)	(N=3) 700 – 1150cm, média 1016.7 cm, mediana 1000 cm

Altura e crescimento

Altura e crescimento foram medidos para diferenças anuais e, quando disponíveis ou possíveis, calculados para períodos de mais de um ano. Embora a definição de coorte seja um pouco arbitrária, ela fornece informações

sobre a velocidade de crescimento de plantas pequenas e grandes. Vários fatores ecológicos e climatológicos influenciam o crescimento anual. Eles estão competindo pela luz e pelo espaço vital, e o supercrescimento com o sombreamento favorece o crescimento deles. Aparentemente, para o crescimento há uma porcentagem ótima de cobertura de sombra, assim como a altura da vegetação ao redor e sua velocidade de crescimento. Como as informações foram coletadas em uma floresta grande, aberta e de crescimento natural, nem todas as árvores em crescimento marcadas foram usadas para a avaliação comparativa do crescimento anual e de outros dados. A altura e a dispersão de todos os indivíduos foram medidas dentro dos gráficos de pesquisa definidos.

Notavelmente, durante o crescimento observado entre 2003 e 2012, todas as mudas medidas e plantas em crescimento ainda estavam dentro das parcelas da sucessão ecológica. A seleção natural da sobrevivência do grande PB deve ter ocorrido após pelo menos 20-25 anos do início do crescimento da floresta, ou seja, quando a comunidade pioneira iniciou a sucessão ecológica.

Crescimento 2003-2005 (N=49)

Nenhum dado foi coletado em 2004. Para fornecer informações para o crescimento anual, os dados foram calculados em média entre os dois anos.

Crescimento e altura

Crescimento individual em cm (altura entre parênteses).
10, 2,1, 9, 36(72), 56(105), 3, 11, 45(75), 3, 20(142),
34(119), 27(88), 18, 39(83), 21, 14, 20, 3, 59(134),
32(199), 18, 44(85), 7, 11, 28, 11, 33(81), 20, 20, 35(73),
73(290), 8, 31(74), 4, 69(125), 27(83), 3, 15, 7, 14, 4, 13,
2, 3, 2, 4, 6, 12,

A média total de crescimento é $992/49 = 20,2$ cm/2 anos ou 10,1cm/ano. O crescimento global para 2003-2005 varia de 0 a 73; média de 20,2cm ou 10,1cm/ano, mediana de 14 cm ou 7 cm/ano. O crescimento das plantas mais altas, Coorte B (61-290 cm), é consideravelmente maior do que o das plantas de menor tamanho.

Altura:

Coorte A (N = 26) altura 18-60 cm, média 42 cm, mediana 33,5 cm.

Coorte B (N = 23) altura 61-290 cm, média 229 cm, mediana 119,7 cm.

Coorte A (N = 26) faixa de 1 a 21cm, média de 10cm, mediana de 8,4cm.

Coorte B (N = 23) faixa 47 - 73 cm, média 33 cm, mediana 32,9 cm.

Crescimento 2005-2006 (N=94)

Como no ano anterior, o crescimento das plantas mais altas é consideravelmente maior do que nas mais baixas. A média total de crescimento é de 19,4cm por ano. A presença de uma planta especialmente grande (595cm) indica que a ocupação inicial da parcela G1 pode ter começado há aproximadamente 15 e 20 anos.

Altura	Crescimento	Extensão	Mediana	Média
Coorte A (N=81)	1 – 53cm	0-80cm	40 cm	14,1 cm
Coorte B (N=13)	54 - 595cm	20-112cm	66 cm	48.5 cm

Crescimento 2006-2007 (N=70)

A média de crescimento total é de 13,0 cm por ano, novamente com um crescimento muito maior na coorte mais alta do que na menor:

Altura	Crescimento	Extensão	Mediana	Média
Coorte A (N=49)	1 - 57 cm	0 - 38 cm	19 cm	7.2 cm
Coorte B (N=21)	58 - 400 cm	1 - 80 cm	40.5 cm	25.6 cm

Crescimento 2008 - 2009 (N=20)

O resumo do crescimento para 2008-2009 mostra um crescimento menor do que em anos anteriores, com uma média de 7,7 cm; a coorte mais alta parece ter crescido apenas um pouco mais depressa que a mais curta, mas isso pode ser um artefato da falta de medidas de

crescimento naquele ano para a menor das plantas menores e a mais alta das plantas altas

Na área de 5x5 m² (N = 20), crescimento e dispersão, medidos em 2009, produziram os seguintes dados:

Altura total (N = 20), faixa de 15 a 80cm, média de 51,7cm, mediana de 47,5cm. Os dados de crescimento foram medidos a partir de N = 12.

Crescimento 2008-2009 N = 12 do total N = 20, em centímetros

Note: Cohort A data are in red			
#	09-08	Growth	%GROWTH
M19	37(30)	7	18.9
M18	63(50)	13	20.1
M17	70		
M16	80(66)	14	17.5
M15	45(34)	11	24.4
M14	75(65)	10	13.3
M13	68(55)	13	19.1
M12	56(55)	1	1.8
M11	75(68)	7	9.3
M10	63(59)	4	6.3
M6	62(56)	6	9.7
M4	40(38)	2	5.0
M3	36(31)	5	1.4

	Altura	Extensão	Mediana	Média
Coorte A (N=5)	(36 -56)	15 - 60	46	42.5
Coorte B (N=7)	(62 - 80)	62 - 80	71	69.5
Crescimento	Extensão	Mediana	Média	% de crescimento
Coorte A (N=5)	1 - 11 cm	5 cm	5.2 cm	10.3%
Coorte B (N=7)	4 - 14 cm	10 cm	9.57 cm	11.9%

Crescimento entre 2008-2009 (N=12)

Crescimento, variando 1-14 cm / ano; média de 7,3 cm, mediana de 7 cm

Porcentagem de crescimento, faixa de 1,4% - 24,4%, média de 12,23%, mediana de 12,9%.

Três das mudas (altura MO7 = 17 cm, MO8 = 15 cm, MO9 = 16 cm) foram plantas do primeiro ano, com 15 a 17 cm de crescimento, o que foi superior ao crescimento médio das mudas mais velhas, variando de 1 a 14 cm. Por outro lado, as plantas maiores (altura 62 a 80 cm) tiveram crescimento mais rápido (4 a 14 cm) do que plantas menores (altura 15 a 60 cm; crescimento 1 a 11 cm, ou média de 5,2 cm a 9,57 cm).

Dados de crescimento por mais de um ano

Crescimento entre 2003 e 2007 (4 anos) (N=15)

Dados comparativos do crescimento de mais de um ano mostram a diferença na produtividade de biomassa.

O crescimento do PB individual entre 2003 e 2007 variou de 6 a 108 cm:

6,19,32,38,38,39,56,68,71,73,74,78,89,100,108; mediana 68 cm, e média 59.4 cm.

Surpreendentemente, as duas árvores que mais cresceram foram a número 357, de 92cm a 200cm, ou 27 cm/ano (238% de crescimento, ou 59,5%/ano) e a número 333,

No.	Size		Growth
	2003	2007	
263	26	58	32
271	36	92	56
323	75	153	78
333	42	142	100
334	106	74	68
337	41	112	71
342	144	173	39
350	81	150	89
551	82	156	74
357	92	200	108
359	50	88	38
407	43	49	6
416	56	129	73
420	50	88	38

de 42 cm a 142 cm ou 25 cm/ano (117%, ou 29,25%/ano). O menor crescimento foi a n° 407, de 43 cm a 49 cm, ou 4 cm/ano (14%).

Comparativamente, em 2004, um PB foi plantado no jardim do IEBMA na Praia das Caravelas, ofuscado por árvores de grande porte. De 2004 a 2012 cresceu de 23

cm para 380cm, ou 357cm em 8 anos e 44,5cm/ano.

Às vezes, uma árvore de rápido crescimento está quase ao lado de uma árvore que cresce lentamente. As condições ambientais e outras condições são praticamente as mesmas para ambas as plantas. Observações de campo e dados não revelaram diferenças ecológicas notáveis no ambiente.

Uma amostra de crescimento lento de uma planta medida por 6 anos entre os anos de 2003 e 2007 foi de 42 a 63cm, um total de 21 cm, ou 3,3 cm/ano, mostrando um crescimento entre 4% e 11%/ano.

Dispersão

Sete parcelas de 5x5 m selecionadas aleatoriamente e uma parcela de 2x2 (2005) na área de pesquisa forneceram informações sobre a dispersão de PB. Quatro gráficos de dispersão (x-y) ilustram a dispersão real dos gráficos medidos. As parcelas medidas foram estudadas entre 2007 e 2009.

5x5 m

Nº. e ano	N	indiv/m ²	m ² /indiv.
B1 – 2009 (<i>Graph 1</i>)	20	0.8 ind./m ²	1.2 m ² /ind. <i>Sombra irregular</i>
B2 – 2008 (<i>Graph 2</i>)	45	1.8 ind./m ² ;	0.56 m ² /ind <i>sombra</i>
B3 – 2008 (<i>Graph 3</i>)	73	2.9 ind./m ²	0.34 m ² /ind. <i>sombra</i>

A maior parte do terreno estava à sombra perto do ecótono temporário, ofuscado por árvores de 3m até 5m de altura.

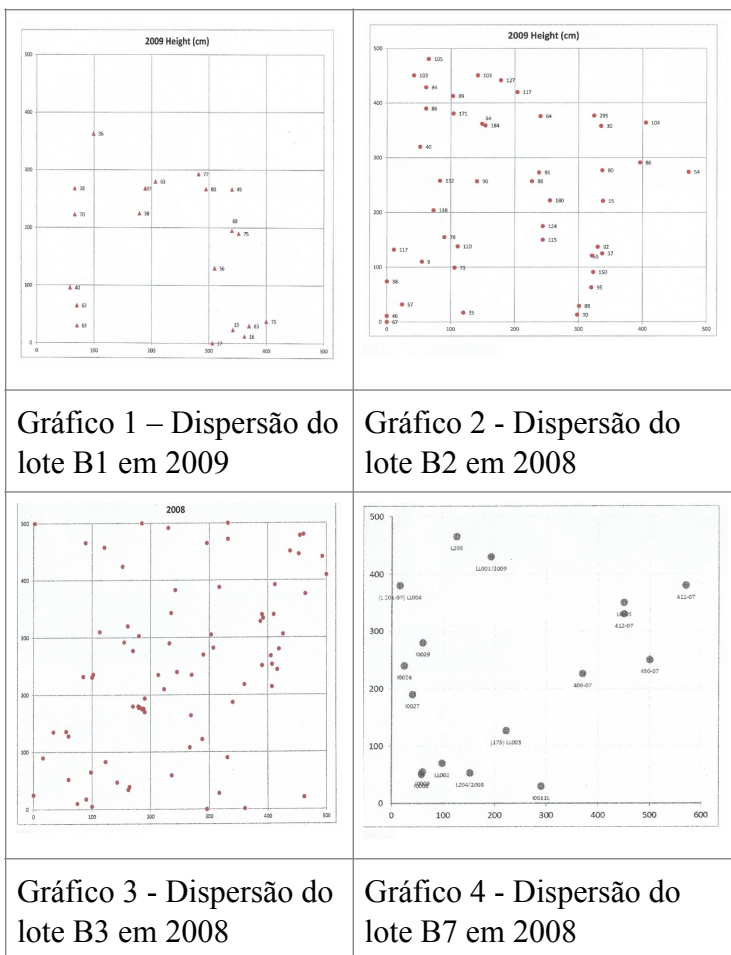
B4 – 2008	40	1.6 ind/m ²	0.62 m ² / ind <i>sombra parcial</i>
B5 – 2008	46	1.84 ind/ m ²	0.52 m ² /ind. <i>sombra</i>
B6 - 2007	43	1.72 ind./ m ²	0.58 m ² /ind. <i>sombra parcial</i>
B7 – 2009 (<i>Graph.4</i>)	17	0.68 ind/ m ²	1.47 m ² /ind. <i>principalmente sol</i>

Esta parcela estava no espaço aberto e apenas parcialmente coberta por vegetação alta, 2-4 m de altura; o maior PB foi de 230 cm.

Total aver. all 5x5 m	284	1.62 ind./ m ²	0.62 m ² /ind.
-----------------------	-----	---------------------------	---------------------------

2x2 m

B8 - 2005	19	4.8 ind/m ²	0.21 ² m/ind. <i>sombra</i>
DISPERÇÃO TOTAL	303	1.69 ind/m ²	0.59 m ² /ind.



Áreas de alta sombra têm a maior concentração de PB; árvores em torno de 200 a 350 cm; várias plantas mais baixas no meio. Parcelas em áreas parcialmente sombreadas e sombreadas tiveram maior densidade.

Distância mais próxima

A distância mais próxima foi medida na área de pesquisa principal (G1) em uma área de 2x2 m, três de 5x5 m e uma em uma área de agrupamento geral. Em cinco áreas medidas, o alcance da distância mais próxima foi de 4 a 210 cm, com média de 66,4 e mediana de 67 cm.

No.	Ano	Sombra	Extensão	Média	Mediana	Tamanho da área
ND1 (N=20)	2007	perto de vala	6 – 100 cm	57.3 cm	47cm	5x5
ND2 (N=11)	2006	ensolarado	7 – 102 cm	56.4 cm	52 cm.	5x5
ND3 (N=14)	2007	sombra parcial	4 – 55 cm	21.2 cm	16.5 cm	2x2
ND4 (N=11)	2006	sol e sombra	20 – 283 cm	124 cm	146 cm	cluster
ND5 (N=49)	2006	sombreado	14 - 210 cm	73.3 cm	74 cm	5x5
TOTAL: (N=105)			4 - 210 cm	66.4 cm	67 cm	

Como esperado, a área mais densa, o gráfico ND3 2x2 m, tem a menor distância mais curta. O cluster ND4 foi a área menos densa, com uma faixa de ND 20 - 283 cm, distância média de 124 cm. Continha várias árvores jovens de PB maiores: A = 113, 129, 316 e 393 cm, e a altura da maioria das árvores era de 82 cm ou mais, com média de 113,7 cm. Foi na maior parte ofuscado pela vegetação mais alta circundante. Isto confirma os resultados de Aguiar et al, 2005, que o maior sombreamento do PB é um fator significativo para o seu crescimento. O tamanho do aglomerado de árvores maiores sugere novamente que o crescimento de PB na área aberta pode ter começado em algum lugar entre 30 e

40 anos atrás, ou seja, entre 1977 e 1987, ou que o PB estava crescendo mais rápido em condições ecológicas favoráveis.

A média e a mediana total quase iguais da distância mais próxima (média de 66,4 cm e mediana de 67 cm) indicam que a distribuição geral do PB em toda a área de pesquisa é bastante uniforme com áreas locais divergentes da média das distâncias gerais.

Clima e solo

Todas as medições relacionadas ao clima e ao solo foram da área de estudo G1.

Temperatura e umidade relativa

Em 16 de agosto de 2005, uma medição de amostra da temperatura produziu os seguintes dados. Temperatura na área de estudo 27,5°C às 12h45, 50cm acima do solo (sol/sombra); 26,5°C às 12:45 pm; e 27.8°C, máxima para o dia. Na mata ao redor da área de estudo, 26,5°C às 12h50.

Em 17 de agosto de 2005, 30 cm acima do solo na sombra, 21°C às 10:30 da manhã; 50 cm acima do solo, sol/sombra 27°C às 11:00am, e, às 11:40am, 28°C, 50

cm acima do solo sol/sombra. Na floresta, 21°C min; 27°C máx. Temperatura do solo às 10:30, 25°C, inalterada durante a manhã. Aparentemente, em julho-agosto a temperatura na área de estudo oscila em torno de 25°C, que é a temperatura média para a região de Búzios-Cabo Frio. Em 20 de julho de 2007, a umidade relativa na área de estudo às 11h10 era de 59% e às 1:25 era de 62%. Em 23 de julho de 2007, a umidade relativa do ar foi de 65% e, às 13:24, foi de 64%, praticamente inalterada. É menor que a umidade média de 85% dessa floresta de restinga. Medições de umidade relativa foram tomadas durante uma estação de clima seco com precipitação limitada.

Solo

A comparação das características do solo entre a floresta aberta e a área próxima à árvore-mãe de PB na área de estudo mostrou semelhanças e, surpreendentemente, várias diferenças. Importante foi a diferença significativa na quantidade de potássio. A textura do solo também apresentou valores diferentes nas porcentagens nos dois locais de amostragem. O solo próximo do PB mãe possui significativamente mais areia do que no meio da floresta (73% vs 50%) e consideravelmente menos solo argiloso (16% vs 40%), enquanto o volume de silte é igual (10%). Considerando as características gerais da ecorregião da

restinga e sua vegetação, há necessidade de retenção de umidade para as sementes e crescimento bem sucedido das plântulas. Isso se aplica à vegetação em geral, mas cada espécie tem seus próprios requisitos de crescimento ou adaptação específica ao meio ambiente.

No meio da floresta (sem PB)	Perto da mãe PB
pH=5.5	pH = 5.5
Fósforo - quantidades vestigiais (azul claro)	Fósforo - quantidades vestigiais (azul claro)
Nitrogênio - quantidades vestigiais (rosa claro)	Nitrogênio - quantidades vestigiais (rosa claro)
Potássio - alto (6 gotas), 200 + lbs /acre	Potássio - muito alto (6 gotas), 922 + lbs/acre
Textura do solo no meio da floresta (sem PB)	Textura do solo perto da mãe PB
Tubo de solo A (areia)	Tubo de solo A (areia)
Nível $7.5 \div 15 = 0.5 \times 100 = 50\%$ areia	Nível $11 \div 15 = .73 \times 100 = 73\%$ areia
Tubo de solo B (silte)	Tubo de solo B (silte)
Nível $1.5 \div 15 = .1 \times 100 = 10\%$ silte	Nível $1.5 \div 15 = .1 \times 100 = 10\%$ silte
Nível $6 \div 15 = .4 \times 100 = 40\%$ argiloso	Nível $2.5 \div 15 = .166 \times 100 = 16\%$ argiloso

Área G2

O estudo de 2012 da área G2 Gonçalves cobriu duas parcelas de 10x10m (Ga e Gb) selecionadas aleatoriamente em uma floresta parcialmente aberta, e uma parcela de 20x30m (Gc) na floresta próxima. A presença de mudas de primeiro e segundo ano indicou que a área ainda é uma produtora ativa de PB.

As parcelas de 10x10 metros Ga e Gb estavam próximas a um pequeno caminho que atravessava a floresta, produzindo aberturas irregulares na floresta. A parcela Gc de 20x30m estava localizada na floresta mais densa, aparentemente sem perturbação das atividades humanas. Não foram observadas mudas de PB ou árvores jovens na floresta mais madura, nem ao redor de árvores maduras no meio da floresta.

A observação inicial da área G2 sugere que ela é um habitat natural do PB, encontrado em toda a área da região protegida da APA do Pau Brasil. Como esperado, a distribuição de mudas ou árvores menores é geralmente agrupada, ou centrada em torno de uma ou mais árvores-mãe. No entanto, o PB está ausente em grandes extensões da floresta. Ao considerar que os espaços abertos com abundantes mudas e pequenas árvores são um processo natural, qual é o processo pelo qual a seleção ocorre, deixando apenas um ou um conjunto de árvores crescendo? Por que não há mudas em torno de árvores maduras em uma floresta ecologicamente equilibrada?

A parcela de Ga 10x10 m ($N = 10$) possuía uma grande árvore-mãe e 9 mudas. Um dos lados do terreno medido estava perto de um caminho sinuoso cruzando a floresta parcialmente aberta. A altura das pequenas árvores ($N =$

9) variou de 9 a 27cm, com média de 15,4cm e mediana de 17,5cm. A árvore mãe estava de um lado, dentro da parcela medida. A dispersão das plantas pequenas foi de 11,1m²/ind. E 0,09 ind./m². A altura das plântulas e das jovens árvores variou de 9 a 27 cm; média de 15,5 cm; mediana 17,5 cm. A árvore-mãe tinha uma circunferência de C = 91 cm e uma altura estimada de 10,5 metros. Baixa altura das pequenas árvores sugeriu que esta área tornou-se relativamente recentemente aberta para o crescimento.

A parcela medida Gb 10x10 m (N = 31) incorporou duas árvores matrizes maduras (altura 850 cm e 960 cm, aproximadamente) na linha média da parcela. Eles estavam a 470 cm um do outro. Perto, mas fora da parcela medida, havia dois grandes PB, a 450cm e 520cm da parcela medida. Faixa de altura das árvores menores, 5 - 218 cm, média 75,9 cm, mediana 69 cm. Dispersão, 3,22 m²/ind. e 0,31ind./m². Duas das mudas (5 cm e 9 cm) foram plantas do primeiro ano, indicando uma produção e dispersão contínuas. Uma das árvores jovens menores estava a cerca de 50 cm de uma *Opuntia brasiliensis*, o cacto das árvores, e outra PB (altura de 140 cm) tinha uma orquídea de baunilha (*Vanilla* sp.) em seu tronco. Uma das árvores menores (A = 102 cm) foi estrangulada por uma trepadeira, mas em sua base houve

novo crescimento. Todas, ou a maioria das plantas jovens, provavelmente eram descendentes das duas grandes PBs, mas as duas árvores grandes adicionais fora da parcela medida também poderiam ter contribuído com suas sementes.

Comparando a dispersão das áreas G1 e G2, a área de floresta aberta do G1 apresenta condições consideravelmente melhores para a produção de PB. A área G1 apresenta maior dispersão (densidade) de crescimento de PB (1,69 ind/m²) que a área de G2 (0,20 ind/m²). As duas parcelas (Ga e Gb) estavam parcialmente no pequeno caminho que atravessava a floresta e que era menos favorável para o crescimento de sementes.

G2	Altura				Dispersão	
	extensão	média	mediana		m ² /ind.	ind/ m ²
Ga	N=9	9-27	15.4	17.5	11.1 m ² /ind.	0.09 ind./m ² .
Gb	N=31	5-218	75.9	69	3.22 m ² /ind.	0.31 ind./ m ² .

G1	N=303				0.59 m ² /ind	1.69 ind/m ² .
----	-------	--	--	--	--------------------------	---------------------------

Gc - 20x30 m de terreno em mata natural, longe do caminho sinuoso haviam três PBs adultos e nenhum pequeno. Faixa da circunferência C = 52-81 cm, média 69,5 cm, mediana 75 cm. Dispersão 200 m²/ind., 0,005

ind/m². As “árvores-mãe” maduras dentro da parcela de 20x30 m tinham uma altura estimada de 6 a 9 m.

Condições - comparação de campo aberto G1 e área G2. Ambas as áreas têm as características de comunidades de crescimento secundário, aproximando-se de um estágio de clímax da comunidade.

A área G2 é relativamente menos perturbada do que a área florestal G1.

Tanto em G1 quanto em G2, o crescimento e a distribuição do PB ativo estão ocorrendo em um ambiente ecologicamente favorável.

A presença de aglomerados maiores e quase contínuos de PB maduro em G2 está em contraste com a única grande área de crescimento aberto no campo G1 com apenas alguns PB maduros. As três árvores maduras formaram um aglomerado sugerindo uma dispersão localizada.

O campo aberto G1 é muito maior que G2, comparativamente mais restrito.

O G1 possui apenas três árvores-mãe reconhecidas, enquanto G2 possui vários espaços abertos com várias árvores-mãe criando campos individuais menores para reprodução e crescimento.

A área aberta G1 possui condições mais favoráveis para o sucesso da dispersão de sementes, em parte devido a um caminho sinuoso cruzando a área aberta do G2.

Conclusões

A região entre Búzios e Cabo Frio é uma área ativa para crescimento e reprodução do PB. Assim, a declaração da região como área protegida da APA do Pau Brasil é uma decisão importante e acolhida pelo governo do Estado do Rio de Janeiro.

A distribuição de PB na floresta de restinga é irregular, em parte devido às atividades humanas, em parte devido às condições ecológicas naturais que limitam ou restringem seu crescimento e dispersão.

O desenvolvimento ecológico ideal das mudas é em áreas naturais de repouso, cercadas por grandes árvores. Ocorrências naturais, como árvores caídas, impactos climáticos e relacionados ao meio ambiente, criando pequenos espaços abertos, como caminhos e aberturas sem árvores na floresta, são as condições ecológicas ideais para a reprodução e propagação do Pau Brasil.

A propagação de sementes e árvores jovens é geralmente encontrada em torno de uma ou mais árvores mãe.

Dadas as condições adequadas, o Pau Brasil tem sucesso em competir na sucessão ecológica em comunidades ricas de crescimento secundário que se aproximam do clímax, ou comunidade parcialmente clímax.

As árvores de PB maiores crescem mais rapidamente do que as árvores menores, mas nenhuma diferença significativa é encontrada na porcentagem de crescimento.

Crescimento e dispersão bem-sucedida no ambiente natural é favorecido pelo sombreamento significativo da vegetação circundante.

Os dados sobre a ecologia do crescimento das mudas poderiam ser aplicados às atividades de conservação, reprodução e distribuição do Pau Brasil para outras áreas de reflorestamento, ou para um uso mais geral, como na distribuição do PB pelos centros, promovendo estudo, crescimento, proteção e distribuição do Pau Brasil.

Há uma diferença significativa na taxa de crescimento das mudas e árvores jovens em ambiente ecológico semelhante.

Preocupações

O PB está sujeito a várias atividades humanas desinformadas, insensíveis e comercialmente míopes que acirram a condição de perigo do Pau Brasil. Esses incluem:

- Insensibilidade humana em relação à natureza em geral, vegetação em particular.
- Desinformação e pouco conhecimento sobre o funcionamento da natureza e sua importância para proteger a ecorregião da restinga e salvar o PB da extinção.
- O impacto da exploração ilegal do Pau Brasil, particularmente no passado, que atualmente continua em menor escala.

Agradecimentos

Nossa mais calorosa gratidão vai para o Instituto Ecológico Búzios Mata Atlântica (IEBMA), o instituto anfitrião de nossa pesquisa, e seu Presidente Hugo Iurcovich. Além dos grupos de voluntários do Earth Watch vindos da Argentina, Brasil, Canadá, Inglaterra e Alemanha que participaram da coleta de informações. A professora Amanda Bernal-Carlo recebeu uma bolsa do Departamento de Assuntos Acadêmicos e do Departamento de Ciências Naturais da Hostos Community College, da Universidade da Cidade de Nova York. Além disso, muitos amigos e voluntários da Argentina, Áustria, Brasil, China, Colômbia, Coréia e Estados Unidos participaram da coleta de dados ecológicos e climatológicos na área de estudo principal (G1). São eles: Benjamin Gu, Borah Kim, Carlos, Cecília Urea, Claudia, David M., David Roze., Diana, Dominique Edgerly, Fito, Gloria, Heitor, Jacob Roze, Jano Roze, Jihye Yun, Jorge, Juan Pablo Monastirsky, Justin, Melina, Nora, Raquel, Sacha, Roze Santiago, Tamara, Ticiania, e vários mais do que a brevidade permite. Agradecimento especial a Elkin Urrea por seu suporte técnico.

Bibliografia

Adeodato, S. (2016). SOS Mata Atlântica,. Extremos da Mata Atlântica. *Série SOS Mata Atlântica*, São Paulo, vol. 3, 1-144.

Aguiar, F. F. A. (2001), Fenologia do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) em Moji-Guaçu, SP. *Ecosistema*, 26, 107-112.

Aguiar, F. F. A. and Aoki, H. (1983), Regiões de ocorrência natural do Pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.). *Silvicultura*, 28, 1-5.

Aguiar, F. F. A. and Barbosa, J. M. (1985), Estudo de conservação e longevidade de sementes de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.). *Ecosistema*, 10, 145-150.

Aguiar, I.B.; Pinâ-Rodrigues, F.C.M. & Figliolia, M.B. 1993. *Sementes Florestais Tropicais*. ABRATES. Brasília. 350p

Araujo, D.S.D. (s/d) 2007. A vegetação e a flora da região de Cabo Frio.
http://www.reservataua.com.br/Vegetacao_Flora_Cabo_Frio.htm, acesso em 30/01/2007.

Araujo, D.S.D., Lima, H.C. Farag, P.R.C., Lobão, A.Q., Sá C.F.C. & Kurtz, B.C. 1998. O Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio: levantamento preliminary da flora. In: *Simpósio de Ecossistemas Brasileiras*, 4, Águas de Lindóia, SP. Anais, vol.3, p.147-157. (Publ. ACIESP No. 104)

Backes, P and B. Irgang. 2004. *Mata Atlântica: as árvores e a paisagem*, Porto Alegre, Paisagem Sul, 2004: 350.

Barbedo, C. J.; Bilia, D. A. C. and Figueiredo-Ribeiro, R. C. L. (2002), Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Botânica*, 25, 431-440.

Bernal-Carlo, A. 2000. Notes on medicinal plants and traditional healing in Búzios, Brazil. *Pap. Avulsos, Inst. Ecológ. Mata Atlântica*, 4: 1-13.

Bernal-Carlo, A. and J. Roze, 1995 – Evaluación preliminar de la Mata de Atlántico de la región de Búzios, Brasil. *Pap. Avulsos, Inst. Ecológ. Búzios Mata Atlântica*, 1: 1-7.

Borges, I. F., Giudice Neto J del, Bilia, D. A. C. , Figueiredo-Ribeiro, R. C. L., Barbedo, C.J. 2005.

- Maturation of seeds of *Caesalpinia echinata* Lam. (Brazilwood), an endangered leguminous tree from the Brazilian Atlantic forest. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, Curitiba, vol. 48(6): *Print version* ISSN 1516-8913.
- Bueno, C., Mansur, D. R., Mansur, K. Tiellet Filho L., Schimitt, R., Borges, F. and Carvalho, W. 2007. APA do Pau Brasil – Patrimônio Histórico, Econômico e Ambiental da Região dos Lagos. IPEDS, Centro de Pesquisas, Iguaba Grande, RJ. 1-48 p. figs.
- Cardoso, M. A.; Provan, J.; Powell, W.; Ferreira, C. G. and Oliveira, D. E. (1998), High genetic differentiation among remnant populations of the endangered *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Molecular Ecology*, 7, 601-608.
- Corrêa, A. M. S. 2003. Morfologia polínica de *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Rev. Brasil. Bot.* 26(3): 355- 359.
- FEEMA. 1988. *A importância da biota de Cabo Frio*. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. 50 pp.
- Fernandes, D.S. and C.F.C. Sá. 2000. Estudo florístico das *Restingas* remanescentes do Município de Armação dos Búzios, Rio de Janeiro. *Simp. Ecosist. Brasileiros*:

Conservação, 5, 2000, Vitória, ES. Anais... São Paulo: ACIESP, 3(3): 57-65. (Publ. ACIESP No. 109)

Global Trees Campaign (January, 2003). <http://www.globaltrees.org/>

IBAMA 1992 Portaria, Act. 37-N, 3 abril, 1992IBAMA. (1992). Lista oficial de espécies da flora Brasileira ameaçadas de extinção. (unpublished). 4 pp.

Kageyama, P.Y., R.E. de Oliveira, L.F.D. de Moraes, V.L. Engle and F.B. Gandara (eds.) 2003. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAF, Botucatu, Brasil.

Lacerda, L.D., Araujo, D.S.D., Cerqueira, R. & Turcq, B. (edit.) 1984. *Restingas*: origem, estrutura, processos. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil.

Lima, H.C. 2000. Leguminosas arbóreas da mata Atlântica. Tese de Doutorado. PPGE-UFRJ.

Lira, C.F., Cardoso, S.R.S., Ferreira, P.C.G., Cardoso, M.A and Provan, J. 2003. Long-term population isolation in the endangered tropical tree species *Caesalpinia echinata* Lam. revealed by chloroplast microsatellites. *Molec. Ecology*, vol. 12(12): 3219-3225.

Martin, L., J. M. Flexor and J.L. Valentin. 1989. The influence of the “El Niño” phenomenon of the enhancement and annihilation of Cabo Frio upwelling on the Brazilian coast of the State of Rio de Janeiro. International Symposium on Global changes in South America during the Quarternary. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. São Paulo. *Spec. Publ.* No. 1:225-227.

Rocha C.F., H.G. Bergallo, M. Van Sluys, M.A. Alves MA, and C.E. Jamel. 2007. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: habitat loss and risk of disappearance. *Braz J Biol.* 67(2):263-73.

Rocha, Y. T. (2004), Ibirapitanga: história, distribuição geográfica e conservação do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam., Leguminosae) do descobrimento à atualidade. PhD Thesis, University of São Paulo, São Paulo, Brasil.

Rondon, J. N., Lilian B.P. Zaidan, R. B. P., Domingos, M, Barbedo, C.J., Casio de R. ,Figueiredo-Ribero, L. 2006. . Vegetative responses to temperature and photoperiod in saplings of brazilwood (*Caesalpinia echinata* Lam., Leguminosae). Crescimento vegetativo de plantas jovens de pau-brasil (*Caesalpinia echinata*

Lam., Leguminosae) em resposta à temperatura e ao fotoperíodo. *Braz. J. Plant Physiol.* 18(4), Londrina.

Rymer, R. 2004. Saving the music tree. *Smithsonian*, 35(1): 5.

Silva, S.M. 1999. Diagnóstico das *Restingas* do Brasil. In: Fundação Bio Rio (ed.). Workshop Avaliação e Ações Prioritárias Para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira, Ilhéus. [http// www.bdt.org](http://www.bdt.org).

SOS MATA ATLÂNTICA. 1993. Mapa de remanescentes da floresta Atlântica nordestina. In: Sociedade Nordestina de Ecologia, Conservation International e Fundação Biodiversitas (ed.). Workshop Prioridades para a Conservação da Floresta Atlântica do Nordeste, Recife. [http// www.bdt.org](http://www.bdt.org)

SOS MATA ATLÂNTICA. 1998. Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 1990-1995. Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto Socioambiental e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo.

SOS Mata Atlântica, 2006.

Teixeira, S. P.; Carmello-Guerreiro, S. M. and Machado, S. R. (2004). Fruit and seed ontogeny related to the seed

behavior of two tropical *Caesalpinia* species
(Leguminosae). Bot. J. Linn. Soc.

Varty, N. 1998. "*Caesalpinia echinata*". IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.3. International Union for Conservation of Nature. Downloaded on 02 November 2014. <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/33974>. Retrieved 2010-10-06.

Zamith, A. and Scarano, F.R. 2006. Restoration of a resting sandy coastal plain in Brazil: survival and growth of planted woody species. *Restor. Ecology*, 14(1): 87-94.

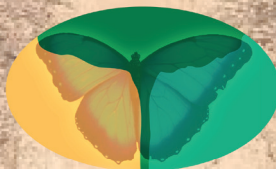
Received: 14. 6. 2016

Accepted: 10. 31. 2016

Review: Leonardo Lazarte, Universidade de Brasília, Brazil.

Pedro Federsoni, Museu de Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, Brazil.

Apoio:



**BUZIOS ESPIRITUALIDADE
FILMS**

INSTITUTO ECOLÓGICO BÚZIOS MATA ATLÂNTICA

C.P. 112331 (CEP 28.950-000) Praia das Caravelas. Búzios, RJ, Brasil.