

Esse artigo está originalmente publicado em inglês na revista *Natureza & Conservação* e a publicação em português nessa página foi autorizada pela ABECO, detentora dos direitos autorais.

Como citar o artigo original:

Freitas, J.D., Bertonecello, R., Oliveira, A. A., Martini, A. M. Z., 2016. Where do seedlings for Restinga restoration come from and where should they come from? *Natureza & Conservação*, v. 14, p. 142-145.

De onde vêm as mudas para a restauração de Restinga e de onde deveriam vir?

Julia Dias Freitas
Ricardo Bertonecello
Alexandre Adalardo Oliveira
Adriana Maria Zanforlin Martini

Resumo

Em um estudo elaborado para quantificar a produção de mudas produzidas a partir de sementes coletadas na vegetação de Restinga, encontramos apenas seis dos 122 viveiros pesquisados em São Paulo produzindo mudas oriundas desse ambiente e o número total de mudas comercialmente produzidas foi relativamente baixo. Posteriormente, comparamos esse número com o número de mudas legalmente compromissadas em projetos de restauração das cidades costeiras do estado de São Paulo. Verificamos que a produção local de mudas representa apenas um terço (32%) das mudas legalmente compromissadas. Dada esta discrepância entre produção e demanda, presumimos que a maioria das mudas usadas em projetos de restauração em cidades costeiras foram provenientes de outras regiões. Diante disso, discutimos alguns aspectos do debate sobre a introdução de mudas exógenas em projetos de restauração, destacando-se as recomendações recentes da literatura para ecossistemas singulares, como a vegetação de Restinga, situada na planície costeira. Destacamos alguns possíveis efeitos negativos sobre o sucesso da restauração ecológica em longo prazo e apresentamos algumas ações políticas alternativas como encorajar a produção local de mudas ou registrar a procedência de mudas.

Palavras-chave

Procedência de sementes; Genótipos locais; Viveiro de mudas; Princípio da precaução; Vegetação da planície costeira

A questão sobre procedência de plântulas é sempre controversa quando se consideram projetos de restauração ecológica envolvendo o plantio ativo de mudas (Lesica & Allendorf, 1999; McKay et al., 2005; Jones, 2013; Bozzano et al., 2014). No entanto, mesmo nas regiões mais estudadas, como as florestas temperadas, há escassez de dados robustos para apoiar a discussão sobre adaptações locais (Leimu & Fischer, 2008). Em regiões tropicais de grande diversidade, estudos que visam orientar decisões relacionadas à restauração ecológica ainda são raros (Brancalion et al., 2014). Entretanto, é possível reconhecer contextos locais e regionais específicos nos quais o uso de genótipos locais é recomendado (Jones, 2013).

Em ecossistemas extremamente degradados há poucas matrizes e o fluxo genético é reduzido. Assim, o

uso de genótipos não-locais (alóctones) não é apenas admissível, mas até recomendado (Rogers & Montalvo, 2004; Jones, 2013). No entanto, quando os remanescentes de vegetação em regiões bem conservadas constituem uma fonte de propágulos eficiente, os pesquisadores, seja por razões teóricas (Mckay et al., 2005) ou pelo "princípio da precaução" (Belnap, 1995), defendem o uso de genótipos locais. Isso seria ainda mais importante em locais sob condições ambientais singulares (Jones, 2013), nos quais alguns organismos exibem adaptações locais que são importantes para a manutenção da população em longo prazo.

No domínio da Mata Atlântica brasileira, a vegetação da planície costeira, localmente conhecida como Restinga, é estabelecida sob condições ambientais únicas de solos pobres em nutrientes e arenosos e sofre influência permanente da salinidade (Araújo, 1984; Scarano, 2009). Embora a condução da regeneração natural seja um método de restauração de baixo custo e altamente recomendada para muitos ecossistemas, a baixa retenção de água dos solos arenosos impõe uma forte barreira à germinação das sementes e impede o estabelecimento da vegetação. Assim, os métodos ativos de plantio de mudas têm sido mais eficientes e recomendados (Zamith & Scarano, 2006). No entanto, de acordo com um levantamento dos 122 viveiros localizados em cidades costeiras do Estado de São Paulo

(http://labtrop.ib.usp.br/doku.php?id=projetos:restinga:restsul:restaura:start#projetos_desenvolvidos), apenas seis deles (Fig. S1) produzem mudas desenvolvidas a partir de sementes cujas matrizes estão localizadas em áreas de Restinga (daqui em diante denominadas "mudas de Restinga"). Em 2010, esses viveiros produziram cerca de 67.000 mudas de Restinga, pertencentes a 55 espécies. Entretanto, apenas 37 mil estavam disponíveis para comercialização, uma vez que o restante foi produzido exclusivamente para pesquisa científica. O número médio anual de mudas comercializadas indicado pelos cinco viveiros comerciais é de cerca de 32.000.

Para estimar a demanda de mudas de projetos de restauração ecológica na planície costeira, foram obtidos dados das agências governamentais de meio ambiente, CETESB e CFA, responsáveis pelo monitoramento e controle de projetos de restauração no Estado de São Paulo. Todos os projetos de restauração registrados de 2010 a 2012 para todas as cidades litorâneas de São Paulo foram inventariados. O número total de mudas compromissadas para plantios de restauração, bem como as médias anuais, foi calculado, revelando um compromisso anual de plantio de aproximadamente 100.600 mudas. Assim, a demanda legal de mudas foi quase três vezes maior que a produção de mudas de Restinga. Entretanto, o número de mudas compromissadas pode ter sido superestimado, uma vez que as cidades costeiras têm uma parte de seus territórios ocupada pela Floresta Ombrófila Densa

estabelecida em terrenos montanhosos (detalhes na Tabela S1).

Com base nesses resultados, presumimos que parte das mudas utilizadas nos projetos de restauração de Restinga poderia ser oriunda de outras regiões. Como várias espécies que ocorrem na Restinga são originárias da Floresta Ombrófila Densa adjacente (Marques et al., 2011), e outras estão amplamente distribuídas, inclusive em áreas de Florestas Estacionais Semidecíduais, é provável que as mudas excedentes sejam provenientes dessas regiões. Uma explicação plausível para a escassa produção de mudas em viveiros nas regiões litorâneas poderia ser a menor produção de sementes de matrizes em Restinga, quando comparada a outras regiões, conforme observado por Brancalion et al. (2012) para o palmito (*Euterpe edulis*). De um outro ponto de vista, a aquisição de mudas de viveiros no interior poderia ter sido facilitada por seus custos potencialmente menores, possibilitados pela produção de mudas em grande escala.

As consequências da utilização de mudas não-locais para restaurar a vegetação de Restinga podem ser negativas para as populações de plantas locais, uma vez que as condições abióticas restritivas são capazes de aumentar seletivamente características que proporcionam maior aptidão nas populações locais (Hufford e Mazer, 2003; Mckay et al. & Hereford, 2009). A adaptação local em escala espacial muito pequena tem sido descrita em populações de plantas, com performances médias aumentando cerca de 45% no hábitat original quando comparado com outros hábitats (Hereford, 2009; Leimu & Fischer, 2008). Assim, apesar da relativa proximidade dos remanescentes de Floresta Ombrófila nas encostas e da ocorrência de espécies com alta plasticidade fenotípica (por exemplo, *Guapira opposita* e *Calophyllum brasiliensis*), para as populações de algumas espécies na planícies costeiras, as características do solo e salinidade podem impor condições muito restritivas, resultando em adaptações locais. Nesse sentido, adaptações locais em pequena escala temporal foram observadas para plantas em solos contaminados pela mineração, sugerindo uma rápida seleção para as condições do solo (Jain & Bradshaw, 1966). Assim, mesmo com o estabelecimento relativamente recente (5000 a 10.000 anos) da vegetação de Restinga e as baixas taxas de endemismo das espécies arbóreas nas planícies costeiras (Marques et al., 2015), algumas espécies poderiam ter populações localmente adaptadas. Infelizmente, não há evidências científicas sobre a proporção de espécies fenotipicamente plásticas ou populações localmente adaptadas para a flora das Restingas como um todo.

Dentre os piores cenários, a transferência de genes a partir de genótipos exógenos poderia levar a uma menor aptidão nas gerações subsequentes e, conseqüentemente, à depressão exógena (Keller et al., 2000; Crémieux et al., 2010). No contexto de comunidades ecológicas, a diminuição da aptidão nas

populações locais poderia dar origem a mudanças de longo prazo na biomassa ou abundância de espécies (Hufford & Mazer, 2003; Mckay et al., 2005). Essas mudanças, além de afetarem as redes locais de interações bióticas, também poderiam alterar fortemente a estrutura da comunidade vegetal e os processos ecossistêmicos. Nessas circunstâncias, a introdução de mudas exógenas poderia levar ao insucesso, em longo prazo, dos projetos de restauração ecológica em Restingas.

Considerando a ausência de um estudo abrangente das divergências evolutivas na flora de Restinga, algumas políticas públicas não restritivas e cautelosas poderiam ser recomendadas. Por exemplo, a escolha de matrizes locais ou estabelecidas em condições ambientais semelhantes como fontes de sementes para os projetos de restauração de Restinga deveria ser incentivada. Uma alternativa plausível para os ecossistemas sob condições ambientais restritivas seria estabelecer um mecanismo legal que proporcionasse tempo suficiente, possivelmente 18 meses, para que os viveiros estabelecidos ou provisórios produzissem mudas locais antes do plantio. Isso permitiria um melhor planejamento e menores riscos de investimento para viveiros locais que atualmente não estão produzindo mudas de Restinga, e representaria vantagens para a economia local.

Além disso, seria interessante iniciar a discussão sobre o estabelecimento de zonas de coleta de sementes (St. Clair, 2014). Em primeiro lugar, elas devem ser localizadas em regiões próximas da área em restauração. No entanto, devido às dificuldades em encontrar matrizes na vizinhança imediata, as sementes poderiam ser coletadas em outras áreas de Restinga compatíveis, com as mesmas espécies e em condições ambientais semelhantes, ainda que geograficamente distantes. Essa recomendação baseia-se no princípio do "*habitat matching*", em que o genótipo ideal seria o mais relacionado com as condições específicas do hábitat (Byars et al., 2007; Broadhurst & Boshier, 2014; St. Clair, 2014). Nesse cenário, a principal dificuldade seria garantir a procedência de sementes (Mijnsbrugge, 2014).

Apesar de os dados aqui apresentados estarem restritos ao Estado de São Paulo, esta situação parece não se limitar a essa região. Com exceção do Estado do Rio de Janeiro (Zamith & Scarano, 2004), a produção de mudas de Restinga é restrita principalmente a projetos de pesquisa científica e mesmo informações básicas sobre a vegetação de Restinga são escassas. Assim, as mudas para projetos de restauração provavelmente estão sendo selecionadas sem critérios específicos na maioria das áreas costeiras. É importante destacar que as mesmas recomendações para Restinga também se aplicam a outros ecossistemas estabelecidos em condições ambientais singulares, como campos rupestres, vegetação sobre cangas (sobre afloramentos rochosos ferríferos) ou sobre *inselbergs* (afloramentos rochosos graníticos), vegetação sobre areia branca (campinaranas, kerangas, muçunungas) e florestas

paludosas, dentro e fora do Brasil.

Embora o resultado da introdução de plântulas exógenas seja incerto, se os princípios de "precaução" e de "*habitat matching*" forem aceitos, deveria ser incentivada a utilização de mudas do mesmo sistema ou, pelo menos, a procedência das plântulas deveria ser oficialmente registrada, visando estudos futuros. Em face das atividades de restauração estabelecidas pela legislação federal vigente (atual Código Florestal Brasileiro - Lei 12.651/2012), e propostas no PLANAVEG (Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - disponível em <http://www.mma.gov.br>), presumivelmente existirá um aumento na demanda de mudas no futuro próximo (Brancalion et al., 2016). As políticas públicas destinadas a incentivar a produção local de mudas e o registro de procedência das mudas utilizadas em projetos de restauração devem ser incorporadas às futuras ações governamentais.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

Agradecemos às agências ambientais do Estado de São Paulo [CETESB e CFA, ambas divisões da Secretaria do Meio Ambiente (SMA-SP)] por fornecerem as informações sobre as mudas compromissadas. Gostaríamos também de agradecer aos proprietários de viveiros e técnicos por fornecerem informações sobre a produção de mudas. Luísa Novara e Luanne Caires forneceram comentários importantes sobre este ensaio. Marcelo Navarro Cardenuto desenvolveu o mapa incluído no material complementar (Figura S1). Os apoios financeiros para esta pesquisa foram fornecidos pela PETROBRAS e CAPES (Bolsista CAPES: Proc. No: 9516 / 14-0).

Bibliografia

Araújo, D.S.D., 1984. Comunidades vegetais. In: Lacerda, L.D., et al. (Eds.), Restinga: origem, estrutura, processos. CEUFF, Niterói, pp. 157–158.

Belnap, J., 1995. Genetic integrity: why do we care? an overview of the issues. In: Roundy, B.A., et al. (Eds.), Proceedings: Wildland Shrub and Arid Land Restoration Symposium. U.S. Forest Service, Utah, pp. 265–266.

Bozzano, M., et al., 2014. Genetic Considerations in Ecosystem Restoration Using Native Tree Species. A Thematic Study for the State of the World's Forest Genetic Resources. United Nations – FAO, Rome.

Brancalion, P.H.S., Vidal, E., Lavorenti, N.A., et al., 2012. Soil-mediated effects on potential *Euterpe edulis* (Arecaceae) fruit and palm heart sustainable management in the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecol. Manage.* 284, 78–85.

Brancalion, P.H.S., Rodrigues, R.R., Oliveira, G.C.X., 2014. When and how could common gardens be useful in the ecological restoration of long-lived tropical plants as an aid to the selection of seed sources? *Plant Ecol. Div.* 8, 81–90.

Brancalion, P.H.S., Garcia, L.C., Loyola, R., et al., 2016. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. *Natureza & Conservação* 14, 1–15.

- Broadhurst, L., Boshier, D., 2014. Seed provenance for restoration and management: conserving evolutionary potential and utility. In: Bozzano et al., 2014. Op. cit. pp. 27–37.
- Byars, S.G., Papst, W., Hoffmann, A.A., 2007. Local adaptation and cogradient selection in the alpine plant, *Poa hiemata*, along a narrow altitudinal gradient. *Evolution* 61, 2925–2941.
- Crémieux, L., Bischoff, A., Müller-Schärer, H., et al., 2010. Gene flow from foreign provenances into local plant populations: fitness consequences and implications for biodiversity restoration. *Am. J. Botany* 97, 94–100.
- Hereford, J., 2009. A quantitative survey of local adaptation and fitness trade offs. *Am. Naturalist* 173, 579–588.
- Hufford, K.M., Mazer, S., 2003. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends Ecol. Evol.* 18, 147–155.
- Jain, S.K., Bradshaw, A.D., 1966. Evolutionary divergence among adjacent plant populations. I. The evidence and its theoretical analysis. *Heredity* 21, 407–441.
- Jones, T.A., 2013. When local isn't best. *Evol. Appl.* 6, 1109–1118. Keller, M., Kollmann, J., Edwards, P.J., 2000. Genetic introgression from distant provenances reduces fitness in local weed populations. *J. Appl. Ecol.* 37, 647–659.
- Lesica, P., Allendorf, F.W., 1999. Ecological genetics and the restoration of plant communities: mix or match? *Rest. Ecol.* 7, 42–50.
- Leimu, R., Fischer, M., 2008. A meta-analysis of local adaptation in plants. *PLoS ONE* 3, e4010.
- Marques, M.C.M., Swaine, M.D., Liebsch, D., 2011. Diversity distribution and floristic differentiation of the coastal lowland vegetation: implications for the conservation of the Brazilian Atlantic Forest. *Biodiv. Conserv.* 20, 153–168.
- Marques, M.C.M., Silva, S.M., Liebsch, D., 2015. Coastal plain forests in southern and southeastern Brazil: ecological drivers, floristic patterns and conservation status. *Braz. J. Botany* 38, 1–18.
- Mckay, J.K., Christian, C.E., Harrison, S., et al., 2005. “How local is local?”—a review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. *Restor. Ecol.* 13, 432–440.
- Mijnsbrugge, V.K., 2014. Continuity of local genetic diversity as an alternative to importing foreign provenances. In Bozzano et al., 2014. Op. cit. pp. 39–46.
- Rogers, D.L., Montalvo, A.M., 2004. Genetically appropriate choices for plant materials to maintain biological diversity. In: Report to the USDA Forest Service. University of California, Lakewood, CO, USA.
- Scarano, F.R., 2009. Plant communities at the periphery of the Atlantic rain forest: rare-species bias and its risks for conservation. *Biol. Conserv.* 142, 1201–1208.
- St. Clair B, 2014. The development of forest tree seed zones in the Pacific Northwest of the United States. In: Bozzano et al., 2014. Op. cit. pp. 49–52.
- Zamith, L.R., Scarano, F.R., 2004. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18, 161–176.
- Zamith, L.R., Scarano, F.R., 2006. Restoration of a restinga sandy coastal plain in Brazil: Survival and growth of planted woody species. *Restor. Ecol.* 14, 87–94.