

Influência de variáveis climáticas no desenvolvimento de *Mimosa scabrella* e *Schinus terebinthifolia* em áreas de recuperação pós-mineração no Sul do Brasil

Charline Zangalli¹* Daiany Augusta Paes Martins¹ Taynara Oliveira de Liz Buss¹ Maria Raquel Kanieski¹ Gabriel de Jesus Lourenço¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, CEP: 88520-00, Lages-SC, Brasil

Original Article

*Corresponding author:
charlineeng@gmail.com

Palavras-chave:

Crescimento de árvores

Espécies pioneiras

Floresta Ombrófila Mista

Restauração Florestal

Keywords:

Tree increase

Pioneer species

Mixed Ombrophilus Forest

Forest restoration

Received in

2021/03/24

Accepted on

2022/06/01

Published in

2022/06/30



DOI:

<http://dx.doi.org/10.34062/af.s.v9i2.12030>



RESUMO: Avaliou-se a influência da precipitação e temperatura no desenvolvimento das espécies *Mimosa scabrella* e *Schinus terebinthifolia* em uma área de recuperação pós-mineração de cascalho no município de Otacílio Costa, SC. As espécies foram plantadas em oito núcleos de Anderson distribuídos de forma aleatória pela área em conjunto com outras espécies. Em cada núcleo foi plantado um indivíduo de *M. scabrella* e dois indivíduos de *S. terebinthifolia*. Foram avaliados a sobrevivência, diâmetro à altura do colo e altura total, sendo calculados os incrementos dos indivíduos e relacionados com variáveis climáticas por meio do Teste de Correlação de Pearson ($p < 0,05$). Os dados das avaliações mensais foram submetidos a ANOVA ($p < 0,05$). Também foi realizada a análise química do solo. Os indivíduos de *M. scabrella* e *S. terebinthifolia* obtiveram 75% e 100% de sobrevivência, respectivamente. Observou-se correlação significativa positiva entre o incremento diamétrico e a precipitação para ambas as espécies. *M. scabrella* teve maior desenvolvimento em diâmetro e altura, com maiores médias de incremento no mês de junho, período em que ocorreu maior precipitação. Já *S. terebinthifolia* apresentou bom desenvolvimento no mês de julho, mês mais seco durante o período avaliado. As espécies apresentaram potencial para recuperação de áreas degradadas por mineração de cascalho, porém, sugere-se a realização de novas avaliações de incremento por um maior período de tempo.

Influence of climatic variables in the development of *Mimosa scabrella* and *Schinus terebinthifolia* in post-mining recovery in the South of Brazil

ABSTRACT: The influence of precipitation and temperature on the development of the species *M. scabrella* and *S. terebinthifolia* in a post-mining gravel reclamation area in the municipality of Otacílio Costa, SC. The species were planted in eight Anderson cores randomly distributed throughout the area in conjunction with other species. In each nucleus, one individual of *M. scabrella* and two individuals of *S. terebinthifolia* were planted. Survival, diameter, lap height and total height were evaluated, and the increments of individuals and related to climatic variables were calculated using the Pearson Correlation Test ($p < 0.05$). The data from the Monthly assessments were subjected to ANOVA ($p < 0.05$). The chemical analysis of the soil was also performed. The individuals of *M. scabrella* and *S. terebinthifolia* obtained 75% and 100% survival, respectively. A significant positive correlation was observed between the diametric increment and the precipitation of both species. *M. scabrella* had greater development in diameter and height, and the highest average increment sat in June, the period When there was greater rainfall. *S. terebinthifolia* showed good development in July, the driest month during the period evaluated. The species presented potential for recovery of areas degraded by gravel mining, however, it is suggested that new increment evaluations be carried out for a longer period of time.

Introdução

A exploração dos recursos minerais, assim como toda atividade antrópica, quando desenvolvida de forma desordenada, provoca danos que agridem diretamente o meio ambiente e a qualidade de vida das pessoas (Portella 2015). No Brasil, de acordo com a Constituição Federal de 1988, quem pratica a atividade de mineração fica obrigado a recuperar o ambiente degradado ao final de sua fase produtiva (Brasil 1988). Esta recuperação é necessária e tem como principal finalidade tornar a área propícia para desempenhar um novo uso sustentável. Pois toda atividade de mineração implica supressão de vegetação e impedimento de sua regeneração, resultando em uma das etapas cruciais no ciclo de vida de um empreendimento minerário (Mechi e Sanches 2010; Neri e Sánchez 2010).

Diante desse cenário, a restauração ecológica, definida como o processo de assistência à recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído, utiliza de práticas que visam à recuperação destes ecossistemas, resgatando aspectos estruturais e funcionais, a fim de reestabelecer processos ecológicos (Society For Ecological Restoration 2004; Tres et al. 2007; Nery et al. 2013). Segundo Araújo et al. (2013), a técnica recomendável para a recuperação de áreas degradadas pós-mineração, é o plantio de mudas. O êxito desta técnica depende da escolha das espécies que formarão a comunidade, pois são elas que irão iniciar o processo de sucessão com o propósito de garantir o sucesso da recuperação e do resgate da biodiversidade local (Neri et al. 2011).

O crescimento e desenvolvimento das árvores são influenciados pelas características das espécies, do ambiente em que se encontram e sua genética. As influências ambientais incluem fatores meteorológicos, pedológicos, características topográficas e competição com outras espécies (Kanieski et al. 2017). Assim, torna-se desejável a introdução de espécies com alta taxa de crescimento, alto potencial de resistência, alta produção de matéria orgânica e rápido recobrimento do solo, o que facilita o restabelecimento de outras espécies vegetais durante o processo sucessional (Chaer et al. 2011; Resende et al. 2013). Contudo, esta escolha é dificultada pela falta de informações, principalmente em relação à adaptabilidade ao substrato degradado e às técnicas de manejo que garantem seu melhor desenvolvimento e sobrevivência (Lima et al. 2015). Ainda assim, várias espécies leguminosas e pioneiras arbóreas têm ganhado destaque como opções para a restauração destas áreas (Sheoran et al. 2010; Alves e Sousa 2011; Chaer et al. 2011).

Dentre as espécies leguminosas arbóreas, *Mimosa scabrella* Benth. (Bracatinga) é considerada como uma espécie potencial para recuperação de áreas severamente degradadas por mineração no sul do Brasil (Ferreira et al. 2013; Citadini-Zanette et al. 2017). Estes autores destacam que suas

características de rápida cobertura e alto teor de nutrientes contidos nas folhas permitem o enriquecimento do solo e possibilitam a sucessão espontânea, principalmente, pela sua capacidade de produzir interações de múltiplas vias que favorecem melhorias na estrutura e funções do ecossistema. Seu comportamento de espécie pioneira, permite seu desenvolvimento a céu aberto, resistindo às geadas e proporcionando condições para o aparecimento de espécies exigentes em umidade e sombreamento (Dortzbach et al. 2020). O que demonstra que a Bracatinga participa das diferentes fases do processo de sucessão na recomposição do ecossistema (Mazuchowski et al. 2014). Juntamente com *M. scabrella*, *Schinus terebinthifolia* Raddi (Aroeira Vermelha) também possui potencial para a recuperação de áreas degradadas, uma vez que sua característica de crescimento rápido promove sombreamento para o desenvolvimento de espécies tardias e seus pequenos frutos são atrativos para a fauna dispersora (Andrade e Boaretto 2012). Além disso, a espécie possui grande versatilidade ecológica, desenvolvendo-se bem tanto em locais com alagamento parcial quanto em solos degradados e pedregosos (Backes e Irgang 2002).

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência da precipitação e temperatura no desenvolvimento de mudas das espécies *M. scabrella* e *S. terebinthifolia* em uma área de recuperação pós-mineração de cascalho no município de Otacílio Costa, SC. Espera-se que: 1) As espécies apresentem boa adaptabilidade à área degradada por mineração de cascalho; 2) O incremento em altura e diamétrico das espécies estejam correlacionados com as variáveis meteorológicas.

Material e Métodos

Área de estudo

O projeto foi desenvolvido em uma área degradada pela exploração de cascalho pertencente à empresa Klabin S.A., denominada Westarp, localizada no município de Otacílio Costa, SC (Figura 1). A área está inserida no domínio Mata Atlântica, com fitofisionomia de Floresta Ombrófila Mista (FOM). O clima da região segundo a classificação de Köppen-Geiger é do tipo Cfb, mesotérmico úmido e com verão ameno (Alvares et al. 2013), com temperatura e precipitação média anual de 16,0 °C e 1.400 mm, respectivamente, e presença de geada, ocorrendo de forma frequente, entre uma e mais de 30 vezes ao ano (Nimer 1971; Backes 1999). A região pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, Sub-Bacia do Rio Pelotas (Muller et al. 2018). Sendo o solo da área experimental classificado como Cambissolo Húmido Alumínico, com cores de bruno escuro a bruno avermelhado e argilosos, pouco profundo ou raso, com caráter alumínico na maior parte dos primeiros

100 cm do horizonte B (inclusive BA) (Embrapa 2013), este solo é definido por baixa fertilidade e alta pedregosidade (Martins 2017).

A área experimental, denominada Westarp (27°32'13" S e 50°05'22" O) possui 2.500 m² (0,25 hectares). Está localizada a uma distância de, aproximadamente, 104 m do Rio Canoas. O solo permaneceu descoberto com forte presença de fragmentos de rocha e compactação excessiva após

o término da atividade de extração do cascalho para fins de pavimentação. Estas características fazem com que a drenagem deste local seja considerada lenta em período de maior precipitação, havendo a ocorrência de alagamentos eventualmente, devido ao extravasamento do Rio Canoas.

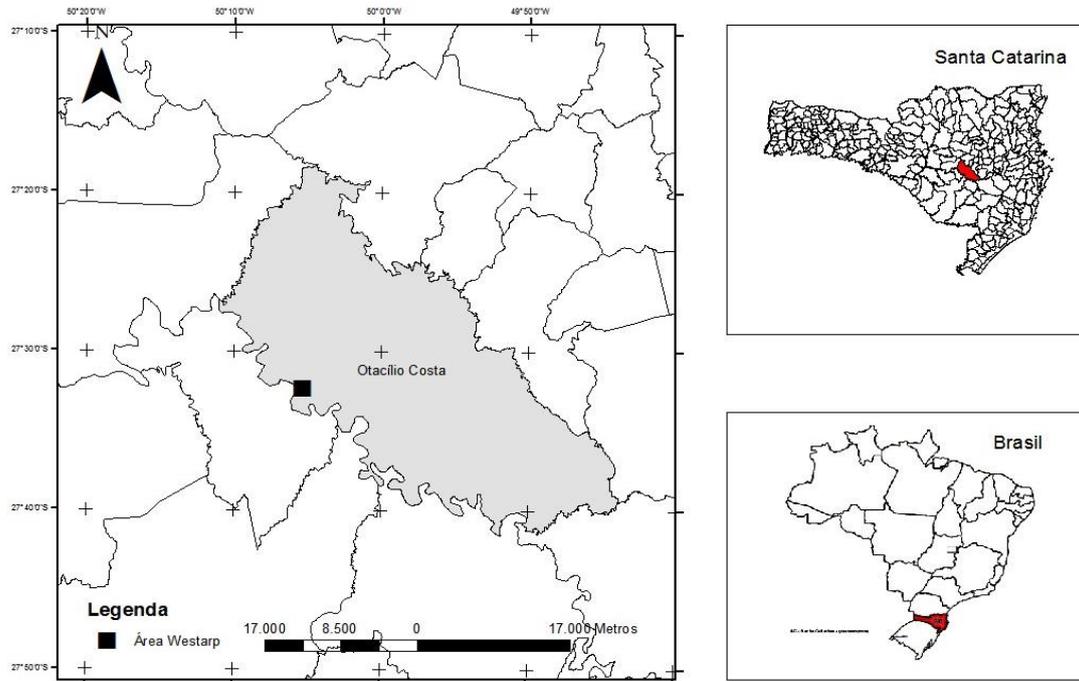


Figura 1. Mapa de localização do município de Otacílio Costa - SC e do local de implantação do projeto.

Coleta de solo

Para realização da amostragem do solo, foram coletados três pontos amostrais, em caminhamento zigue-zague, na profundidade de 0-20 cm, devido à elevada pedregosidade e compactação do solo. As amostras foram submetidas à análise química no Laboratório de Análises de Solos da UDESC/CAV, em Lages, SC. Seguindo o protocolo de Tedesco et al. (1995), foram determinados os parâmetros pH em água, acidez potencial (H + Al), teores de matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn).

Implantação do experimento

Inicialmente a área do experimento foi totalmente isolada para evitar o acesso de pessoas e animais que poderiam comprometer o processo de recuperação. Os núcleos de Anderson foram distribuídos de forma aleatória na área de estudo. Esta técnica é baseada no modelo de plantio de mudas de espécies pioneiras e não pioneiras de forma adensada, com o objetivo de criar em um curto espaço de tempo a cobertura vegetal (Pereira et al. 2020). Foram plantadas oito mudas de *M. scabrella*

e 16 mudas de *S. terebinthifolia*, distribuídas nos núcleos de Anderson. Destaca-se a duplicação de mudas de *S. terebinthifolia* por não haver diversidade de espécies pioneiras disponíveis em viveiros florestais da região aptas às condições do local. As demais espécies constituintes dos núcleos foram *Inga vera* Willd. e *Schinus molle* L., no grupo das espécies pioneiras; *Annona emarginata* (Schltdl.) H.Rainer, *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk, *Gymnanthes klotzschiana* Müll.Arg., *Inga marginata* Willd., no grupo das secundárias iniciais; *Campomanesia xanthocarpa* O.Berg, *Eugenia pyriformis* Cambess, *Psidium cattleianum* Sabine., e *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke, no grupo das secundárias tardias. As mudas foram providas pelo viveiro da APREMAVI, localizado no município de Atalanta-SC.

O plantio foi realizado no mês de novembro de 2015. A formação dos núcleos foi determinada pela implantação de mudas de espécies pioneiras nas bordas e no interior mudas de espécies secundárias iniciais e tardias, com espaçamento entre os indivíduos de 0,5 x 0,5 m (Figura 2A, 2B). Os berços foram abertos na dimensão de 30 x 30 x 30 cm de profundidade, sendo realizada a adubação de base,

aplicando 150 g de NPK 10-30-10, por berço, e adubação de cobertura três meses após o plantio. Realizou-se também, a aplicação de 200 g de calcário dolomítico, por berço, um mês antes do

plantio para correção de acidez do solo. Também foram aplicadas técnicas de manutenção, como coroamento das mudas e controle de formigas, com iscas distribuídas de forma aleatória na área total.

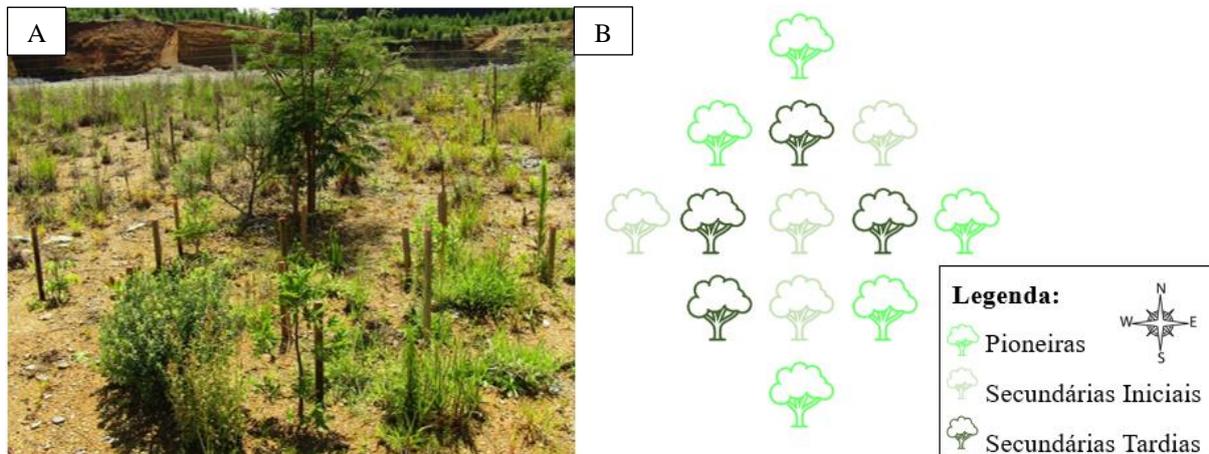


Figura 2. A) Núcleo de Anderson implantado na área. B) Modelo de distribuição das espécies nos núcleos.

Análise de dados

Foram avaliadas mensalmente a sobrevivência e mensuradas as variáveis altura total (HT), com uma régua telescópica, e diâmetro à altura do solo (DAS) do ramo principal, com paquímetro digital, dos indivíduos de *M. scabrella* e *S. terebinthifolia*. As mudas, após 1 ano e 3 meses implantadas, foram avaliadas por um período de 6 meses (março a agosto de 2017). Foram calculados o percentual de sobrevivência e incremento em altura e diâmetro para os indivíduos das duas espécies. O percentual de sobrevivência foi obtido por meio da relação entre o total de plantas no início e no final do período de avaliação. Os incrementos foram obtidos subtraindo-se as mensurações finais e iniciais para cada época de avaliação.

A partir desses valores, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) ($p < 0,05$), para comparação entre os meses de avaliação. Avaliou-se ainda, a ocorrência de correlação entre os incrementos em diâmetro e altura e as variáveis climáticas (precipitação e temperatura), aplicando-se o Teste de Correlação de Pearson ($p < 0,05$). As variáveis climáticas foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), tendo como referência o município de Lages, SC, localizado a uma distância aproximada de 50,5 km da área do estudo (INMET 2017). Os dados históricos meteorológicos fizeram referência ao período de março a agosto de 2017. Os resultados das análises dos atributos químicos do solo foram submetidos à análise exploratória dos dados, por meio de estatística descritiva, obtendo-se a média e o desvio padrão para cada parâmetro. As análises dos dados foram realizadas no programa estatístico R Studio (R

Development Core Team 2019), com uso do pacote ggplot2 (Wickham 2016).

Resultados e discussão

Análise química do solo

Observando-se os valores médios das propriedades químicas do solo da área Westarp (Tabela 1), pode-se afirmar que o solo apresentou condições adequadas para o estabelecimento da vegetação, uma vez que, as propriedades avaliadas indicaram valores semelhantes aos observados na literatura. Porém, vale ressaltar que foi realizada a adubação de berço e de cobertura para auxiliar e acelerar o desenvolvimento das mudas no início de seu estabelecimento, buscando o sucesso do processo de restauração ao longo prazo.

O valor médio representado pelo pH em água foi de 5,0, condizente com Brasil (1973), o qual indica que Cambissolos Húmicos são naturalmente ácidos, com pH variando de 4,5 a 5,0 ao longo do perfil. O teor de matéria orgânica da área em estudo foi considerado alto quando comparado aos trabalhos de Higuchi et al. (2012) e Marcon et al., (2014). De acordo com Abrão et al. (2017), em solos de caráter húmico, é comum serem encontrados elevados teores de material orgânico e carbono orgânico acumulado no horizonte superficial. Os elevados teores de Ca e Mg podem estar relacionados à deficiência de drenagem decorrente do tipo de solo e da degradação, pois, normalmente a perda por lixiviação do Mg é maior que a do Ca, isso explica que por mais que o Mg apresente um teor alto, ele ainda tem um valor menor que o teor de Ca (Bissani e Tedesco 1995).

Tabela 1. Resultados da análise química do solo da área Westarp, na profundidade de 0-20 cm, no município de Otacílio Costa, SC.

	pH H ₂ O	MO	K	Ca	Mg	Al	P	Cu	Zn	Mn
Westarp	5,0	5,97	0,37	2,22	1,61	0,84	21,09	1,63	2,93	393
Desvio Padrão	0,12	1,17	0,06	1,11	0,45	0,18	13,02	0,51	0,48	162

Teores de pH H₂O (1:1), K, Ca, Mg, Al (Cmolc dm⁻³), Matéria orgânica=MO (%), P, Cu, Zn, Mn (mg. dm⁻³). Fonte: MARTINS 2017.

Para a determinação do teor de P leva-se em consideração o teor de argila em 19% presente no solo, dessa forma, o teor de P foi considerado alto, principalmente pela alta quantidade de matéria orgânica. Já os teores de K e Al, foram classificados como médio e baixo, segundo critérios da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004). Os teores dos micronutrientes Cu, Zn e Mn foram considerados altos, principalmente pelo baixo valor do pH e pela interação com a matéria orgânica. Pois, quanto maior o valor do pH, maior será a diminuição de disponibilidade desses elementos no solo (Vitti e Serrano 2010). O fósforo é um dos elementos mais essenciais para o desenvolvimento da planta, pois ele serve para catálise na conversão de reações bioquímicas e estimula a germinação em plantas debilitadas, fortalece a parede celular e reduz a incidência de doenças e pragas (Barbosa et al. 2008).

A presença de elevada quantidade de orgânica no solo também será fundamental para o desenvolvimento dos indivíduos, pois auxilia no aumento da capacidade de retenção de água no solo e influencia nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Costa et al. 2013; Sales et al. 2017). Além disso, o teor de matéria orgânica do solo afeta direta ou indiretamente a disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas (Chiodini et al. 2013).

Apesar das características químicas do solo encontrarem-se adequadas ao desenvolvimento das espécies estudadas, as características físicas do solo podem ser um fator limitante ao crescimento de espécies arbóreas. Pereira et al. (2015) apontam que áreas que sofreram exploração de cascalho apresentam condições limitantes ao estabelecimento de espécies vegetais, enquadrando principalmente a elevada compactação e a baixa disponibilidade hídrica do solo. Assim, verifica-se a necessidade de avaliação dos mesmos em futuros estudos.

Sobrevivência

A espécie *M. scabrella* apresentou mortalidade ao longo do período de avaliação, totalizando 75% de sobrevivência. Quando comparado com o estudo de Carvalho (1982), a espécie pode ser classificada com uma alta taxa de sobrevivência, pois, apresenta um valor superior a

70%. Já a espécie *S. terebinthifolia* não apresentou nenhum indivíduo morto, com taxa de sobrevivência de 100%.

Fatores que podem explicar essa mortalidade são descritos por Schievenin et al. (2012), os quais afirmam que as principais causas da mortalidade e do pouco desenvolvimento de mudas em plantios de áreas degradadas são o estresse hídrico, a falta de manutenção, que proporciona o desenvolvimento de espécies competidoras e o ataque de formigas. Também, em áreas trafegadas anteriormente por maquinários na atividade de exploração mineral, apresentam solos com elevado grau de compactação, onde a penetração das raízes é dificultada, prejudicando o desenvolvimento das mudas (Mizobata et al. 2017).

Incremento em altura

A ANOVA ($p < 0,05$) mostrou diferença significativa entre os meses de avaliação do incremento em altura de ambas as espécies. Contudo, o mês de agosto foi o período em que os indivíduos de *M. scabrella* tiveram maior desenvolvimento (Figura 3A), chegando a uma altura total de 468 cm. A diminuição do incremento, em algum momento nesse período, pode ser justificada pela perda de ramos por ações do vento e de animais. Em julho a variação de dados encontrada é menor que nos demais meses, e as maiores diferenças ocorrem nos três primeiros meses. Observa-se também uma variação diferenciada nos três primeiros e nos três últimos meses. Essa variação aconteceu também em relação ao incremento diamétrico, isso é devido à mortalidade de um indivíduo da espécie, qual apresentava-se com um diâmetro e altura muito inferior aos demais.

Em relação à precipitação, no mês de menor índice pluviométrico houve uma diminuição do incremento em altura. Esse fato ocorreu também com o incremento em diâmetro, sugerindo que a espécie tem maior desenvolvimento quando a precipitação é maior. A falta de água atua diretamente na inibição da fotossíntese e transpiração, o que reduz a produção de matéria seca e diminui a taxa de crescimento (Scalon et al. 2011).

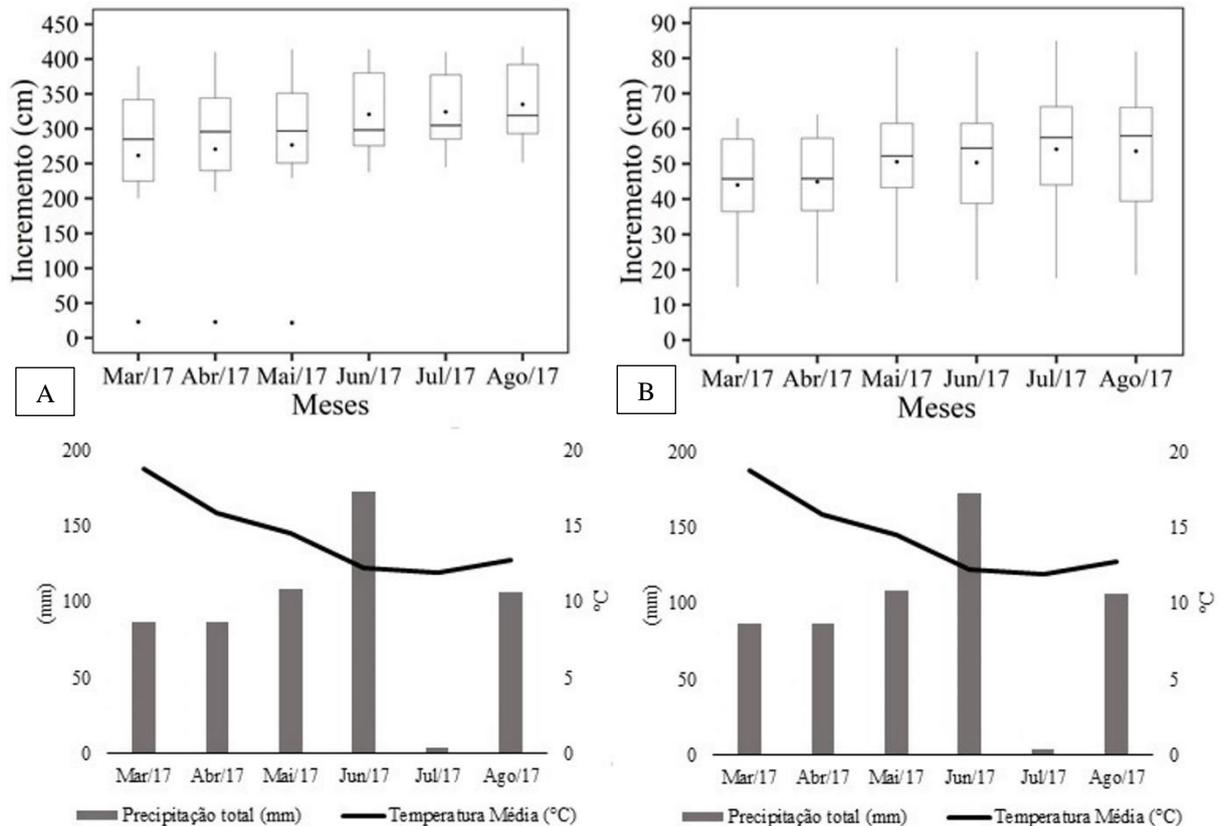


Figura 3. A) Incremento médio mensal em altura dos indivíduos de *M. scabrella* associado às variáveis climatológicas precipitação e temperatura em área degradada por mineração e cascalho em Otacílio Costa, SC. B) Incremento médio mensal em altura dos indivíduos de *S. terebinthifolia* associado às variáveis climatológicas precipitação e temperatura em área degradada por mineração e cascalho em Otacílio Costa, SC.

Observando a relação com o incremento em altura com a temperatura média, quanto maior a temperatura, menor o incremento, pois no mês de maio para julho, em que ocorreu queda de temperatura média de 14,56 °C para 12,25 °C, houve aumento de incremento. Segundo Landsberg e Sands (2011), temperaturas elevadas durante a estação de crescimento podem limitar a produção de enzimas, o que causa estresse hídrico e a perda de turgescência das folhas, afetando o desenvolvimento. A água do solo é um dos fatores mais limitantes ao desenvolvimento de árvores por controlar a abertura e o fechamento estomático, absorção de nutrientes do solo e por ser o meio onde ocorrem as reações químicas e bioquímicas da fotossíntese (Campelo et al. 2015). Fritts (1976) cita que temperaturas baixas extremas também afetam o processo fisiológico das plantas, limitando o desenvolvimento das mesmas.

Em relação aos indivíduos de *S. terebinthifolia*, maio foi o mês com o maior desenvolvimento em altura, registrando um total máximo de 85 cm (Figura 3B). Por consequência, foi o mês com mais incremento, resultando em 5,71 cm. É possível visualizar que no mês de junho, no qual obteve-se a maior incidência de chuvas, houve uma redução no incremento em altura da espécie. As condições de encharcamento podem ser um fator

influenciador na redução do incremento. Sobre isso, Krizek (1992) explica que plantas submetidas ao excesso de água no solo apresentam redução da alongação, senescência e declínio na taxa de crescimento relativo. A presença de animais observada na área, como lebres e capivaras, também justifica a redução da altura total, pois os mesmos alimentam-se das folhas e brotos dos indivíduos.

Em março e abril registrou-se maior homogeneidade de dados se comparado aos demais meses, sendo que em julho ocorreu maior discrepância, variando entre 44 e 85 cm. Ao analisar-se a temperatura média, constatou-se uma influência de forma não significativa no crescimento da espécie, ou seja, a diminuição do incremento no mês mais frio deu-se por outros fatores.

Incremento diamétrico

M. scabrella foi a espécie com maior incremento diamétrico, acumulando 80,6 mm no período, já *S. terebinthifolia* obteve 1,6 mm. Essa diferença foi encontrada em todos os núcleos dos quais os indivíduos de *M. scabrella* sobreviveram. Segundo Carpanezzi et al. (1988), esse valor elevado é devido a espécie apresentar características que se adaptam perfeitamente na área. Além de ser pioneira, o que facilita o seu desenvolvimento, é a

grande aptidão para a colonização de áreas abertas e bem iluminadas.

Os valores obtidos nos três últimos meses tiveram maior homogeneidade nos indivíduos de *M. scabrella*, se comparados aos três primeiros, isso devido à morte de um indivíduo no mês de junho. Entretanto, todos os meses de avaliação apresentaram diferença significativa pela análise de variância ($p < 0,05$). Em maio observou-se maior discrepância entre os valores, variando entre 50 mm e 425 mm de diâmetro (Figura 4A).

Entre março e maio, ocorreu um aumento significativo de incremento da *M. scabrella*, o qual praticamente se instabilizou nos seguintes três meses, apresentando somente uma pequena redução em agosto. Podendo ser explicado em consequência do baixo nível de precipitação, temperatura e pouca insolação que ocorrem no mês anterior.

Durante o período de crescimento de espécies arbóreas, fatores como a disponibilidade hídrica regular, sem uma condição de alagamento, temperatura e luminosidade favorável aumentam as taxas fotossintéticas. Essa maior síntese de compostos orgânicos viabilizam uma maior taxa de divisão celular do meristema cambial, ocasionando em maior crescimento diamétrico (Bachtold e Melo-Junior 2015; Castro et al. 2017).

Para os indivíduos de *S. terebinthifolia* é possível observar que a variação dos dados de incremento diamétrico nos últimos três meses é menor que nos três primeiros, sendo que no último mês é registrado valores entre 6,5 e 25 mm (Figura 4B). Porém, perante a análise de variância, todos os meses de avaliação constataram diferença significativa ($p < 0,05$).

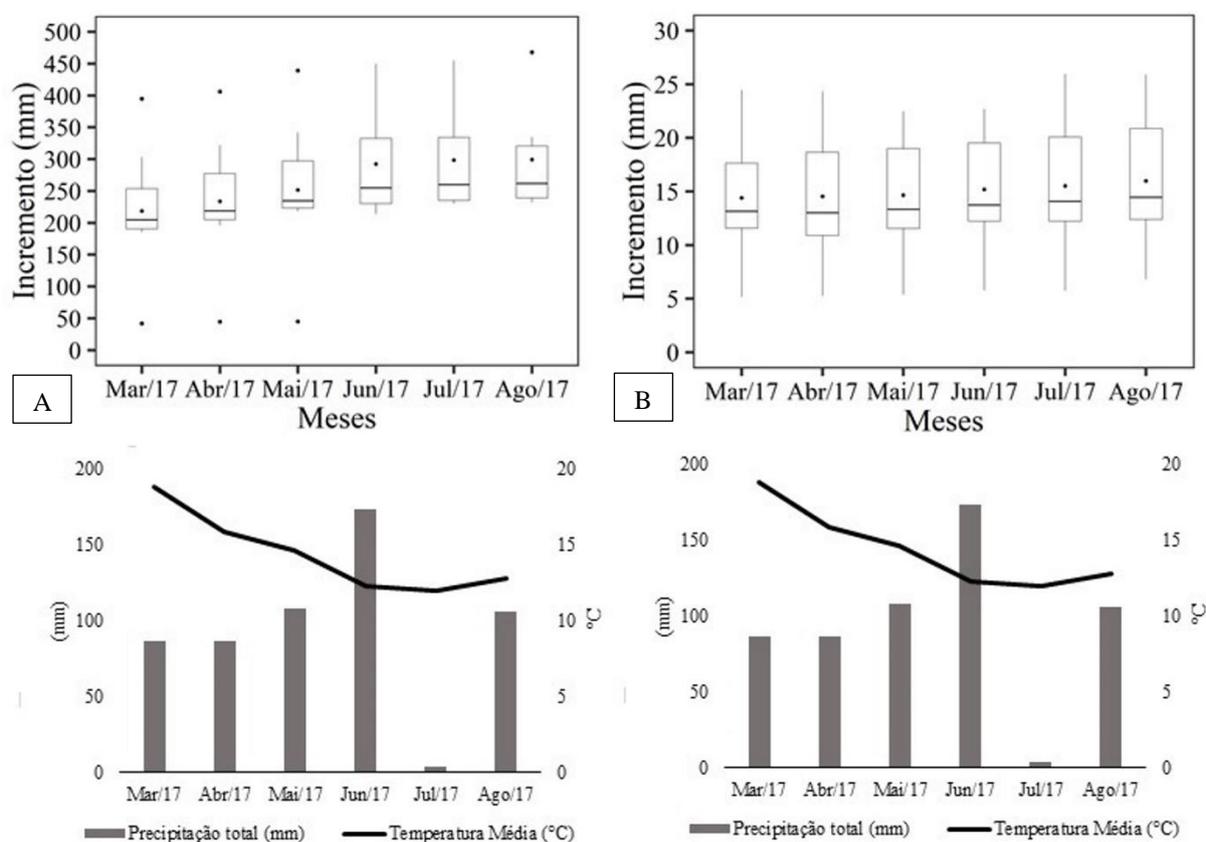


Figura 4. A) Incremento médio mensal em diâmetro dos indivíduos de *M. scabrella* associado às variáveis climáticas precipitação e temperatura em área degradada por mineração e cascalho em Otacílio Costa, SC. B) Incremento médio mensal em diâmetro dos indivíduos de *S. terebinthifolia* associado às variáveis climáticas precipitação e temperatura em área degradada por mineração e cascalho em Otacílio Costa, SC.

Assim como a *M. scabrella*, *S. terebinthifolia* sofreu com os fatores já descritos nos meses em que o incremento apresenta redução. Porém, essa espécie ocorre com frequência em margens de cursos d'água e suporta inundações e enchimento (Carvalho 2003). Essas características a diferem de *M. scabrella*, que não apresentou grande aumento de incremento no mês de julho, um mês após um

período de alagamento na área devido alta concentração de chuvas, da *S. terebinthifolia* que obteve um aumento significativo.

O desenvolvimento e crescimento das árvores são influenciados pelas características das espécies com o meio ambiente que se encontram (Lamprecht 1990). As influências ambientais incluem fatores meteorológicos (Figueiredo-Filho et al. 2003), os

quais tornaram-se determinantes para o desenvolvimento das mudas avaliadas neste estudo, causando impactos no crescimento das mesmas (em diâmetro e/ou altura).

Correlação de Pearson

A partir dos resultados obtidos na correlação de Pearson (Tabela 2), é possível observar que os

indivíduos de *M. scabrella* e *S. terebinthifolia* apresentaram correlação positiva e significativa entre incremento diamétrico e a precipitação acumulada. Porém *M. scabrella* estabeleceu uma correlação forte, pois coeficiente de correlação (r) próximos a um, indicam a existência de uma correlação forte.

Tabela 2. Correlação de Pearson entre o incremento diamétrico médio (mm) e incremento médio em altura (cm) dos indivíduos de *M. scabrella* e *S. terebinthifolia* e as variáveis climatológicas de precipitação e temperatura, em área degradada por mineração de cascalho, Otacílio Costa, SC.

Variáveis climatológicas	Espécie			
	<i>M. scabrella</i>		<i>S. terebinthifolia</i>	
	D (mm)	H (cm)	D (mm)	H (cm)
Precipitação acumulada (mm)	0,719*	0,787*	0,345*	-0,461
Temperatura média (°C)	-0,052	-0,349*	-0,842*	0,185*

D: Incremento diamétrico médio; H: Incremento médio em altura; *Valores estatisticamente significativos pelo Teste de Correlação de Pearson ($p < 0,05$).

Essa correlação positiva com a precipitação indica a importância das chuvas no crescimento dos indivíduos de *M. scabrella*, sendo relevante para a absorção de nutrientes, que é facilitada em solos mais úmidos (Marcon et al. 2018). Bamberg (2014), avaliando a influência de variáveis meteorológicas no desenvolvimento de *Acacia mearnsii*, *Ateleia glazioviana*, *Eucalyptus grandis* e *M. scabrella*, constatou que a correlação com a precipitação é fraca ou não significativa. Na região de Curitiba, em áreas de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Kanieski et al. (2012), trabalhando com diversas espécies, obtiveram valores inferiores a 0,4 de correlação com a precipitação.

Diferente dos valores encontrado por Bamberg (2014), qual descreve que o diâmetro de colo para as espécies *A. mearnsii*, *M. scabrella* e *A. glazioviana* apresentaram correlação forte positiva com a temperatura média, na área avaliada os valores se tornam contrários, no qual as duas espécies demonstraram correlações negativas (Tabela 2). A correlação do incremento da *M. scabrella* com a temperatura (-0,052), não foi significativa. Já o valor encontrado para *S. terebinthifolia* (-0,842), relata que, quando uma variável aumenta, conseqüentemente a outra diminui, retardando o desenvolvimento da espécie, ou seja, quanto maiores as temperaturas médias, menor é o crescimento da espécie.

Em relação à correlação das variáveis climatológicas com o incremento em altura, *M. scabrella* apresentou uma correlação forte e significativa com a precipitação acumulada, demonstrando que as variáveis se encontram em conformidade, ou seja, quando uma aumenta a outra segue o mesmo parâmetro. Já para *S. terebinthifolia* essa correlação não foi significativa.

Quando verificados os valores em relação à temperatura, as duas espécies tiveram correlação

significativa, porém, nenhuma influenciando de forma abundante, pois seus valores se encontraram mais próximos de zero do que de um.

As variáveis que apresentaram valores de correlação baixos ou bem próximos a não ser significativos podem estar ligadas a duas hipóteses: ou estas variáveis não influenciam no crescimento, ou ainda, alguma outra variável pode estar gerando maior influência, tendendo a anular a possível correlação existente entre as variáveis de crescimento (Bamberg 2014).

Ao avaliarem o incremento diamétrico de sete espécies em uma área de Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná, Figueiredo-Filho et al. (2008), encontraram uma principal correlação desse incremento com a temperatura, na qual a temperatura apresentou um padrão similar ao obtido no incremento, com maiores valores no verão e menores no inverno, sendo que nesse caso a precipitação não teve correlação significativa por ter um padrão de distribuição irregular ao longo do ano. Segundo Dünisch (2005), em áreas de clima tropical, nas quais há uma estacionalidade climática definida, o crescimento vegetal é influenciado principalmente pela precipitação, diferente de áreas de clima subtropical, em que a temperatura exerce maior influência sobre o crescimento.

Conclusão

As duas espécies avaliadas neste estudo (*M. scabrella* e *S. terebinthifolia*) apresentam boa adaptabilidade à área degradada pós-mineração de cascalho. Ambas apresentaram sobrevivências superiores a 75%.

O incremento em diâmetro e altura só não apresentaram correlação significava entre o incremento médio diamétrico e a variável temperatura média da espécie *M. scabrella* e entre o incremento em altura médio e a variável precipitação acumulada da espécie *S. terebinthifolia*.

Mesmo apresentando índice de mortalidade, *M. scabrella*, juntamente com a *S. terebinthifolia* desenvolveram-se de forma positiva na área, auxiliando a aceleração do processo de recuperação e podendo ser indicadas em projetos de recuperação de áreas degradadas com mineração de cascalho, com características semelhantes a avaliada no presente estudo.

Frente ao exposto, destaca-se a necessidade da continuação das avaliações de incremento por um maior período de tempo, visando compreensão da adaptabilidade das espécies ao ambiente estudado.

Agradecimentos

À Klabin S.A. pela cedência da área de estudo e pelo apoio às atividades desta pesquisa.

Referências

Abrão SF et al. (2017) Agregação de um Cambissolo Húmico em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes rotações. *Ciência Florestal*, 27 (2): 445-455. doi: 10.5902/1980509827727

Alvares CA et al. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22 (6): 711-728. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507

Alves MC, Souza ZM (2011) Subsoil reclamation in loan area used for hydroelectric construction. *Revista Ciência Agronômica*, 42 (2): 301-309. doi: 10.1590/S1806-66902011000200007

Andrade MLF, Boaretto AE (2012) Deficiência nutricional em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). *Scientia Forestalis*, 40 (95): 383-392.

Araújo GHS et al. (2013) Gestão ambiental de áreas degradadas. 10 (ed) Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil.

Bachtold BA, Melo-Junior JCF (2015) Plasticidade morfológica de *Calophyllum brasiliense* Camb. (Calophyllaceae) em duas formações de restinga no sul do Brasil. *Acta Biológica Catarinense*, 2 (2): 21-32. doi: 10.21726/abc.v2i2.165

Backes A (1999) Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil – II. *Pesquisas (Sér. Bot.)*, 49: 31-51.

Backes P, Irgang B (2002) *Árvores do Sul*: Guia de Identificação e Interesse ecológico. As principais espécies nativas sul-brasileiras. Instituto Souza Cruz. 326 p.

Bamberg R (2014) *Análise da influência das variáveis meteorológicas no crescimento em*

diâmetro e altura de quatro espécies florestais. Dissertação, Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. 56p.

Barbosa CN et al. (2008) Formas de aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em neossolo quartzarênico de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38 (4): 290-296.

Bissani CA, Tedesco MJ (1995) Enxofre, cálcio e magnésio. Em: Ginello C et al. (ed) *Princípios de fertilidade de solo*. Porto Alegre: UFRGS, p. 135-148.

Brasil (1988) Constituição Federal. Art. 225. Diário Oficial da União. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm. Acesso em: 03 set. 2020.

Brasil (1973) Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife: Ministério da Agricultura. (Boletim técnico 30).

Campelo DH et al. (2015) Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. *Revista Árvore*, 39 (5): 973-983. doi: 10.1590/0100-67622015000500020

Castro VR et al. (2017) Efeito da disponibilidade hídrica e da aplicação de potássio e sódio no crescimento em diâmetro do tronco de árvores de *Eucalyptus grandis*. *Scientia Forestalis*, 45 (113): 89-99. doi: 10.18671/scifor.v45n113.08

Carpanezzi AA et al. (1988) Manual Técnico da Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). Colombo: EMBRAPA-CNPQ. 70 p.

Carvalho PER (2003) *Espécies Arbóreas Brasileiras*. 1th Edition. Embrapa. p. 153-223.

Carvalho PERC (1982) Comparação de espécies nativas, em plantio em linha, em capoeira, na região de Irati - PR - Resultados aos sete anos. *Boletim de Pesquisas Florestais*, (5): 53-68.

Chaer GM et al. (2011) Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiology*, 31 (2): 139-149. doi: 10.1093/treephys/tqj116

Chiodini BM (2013) Matéria Orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. *Cultivando o Saber*, 6 (1): 181-190.

Citadini-Zanette V et al. (2017) *Mimosa scabrella* Benth. (Fabaceae) melhora a restauração em áreas de

mineração de carvão na Floresta Atlântica. *Cerne*, 23 (1): 103-114. doi: 10.1590/01047760201723012245

Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC (2004) *Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10th Edition. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Costa EM et al. (2013) Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. *Enciclopédia Biosfera*, 9 (17): 1842-1860.

Dortzbach D et al. (2020) Influência do meio geográfico nas características do mel de melato da bracinga. *Research, Society and Development*, 9 (9): 1-23. doi: 10.33448/rsd-v9i9.7191.

Dünisch O (2005) Influence of the El-Niño southern oscillation on cambial growth of *Cedrela fissilis* Vell in tropical and subtropical Brazil. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 79 (1): 5-11.

Embrapa (2013) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3th Edition. Brasília.

Ferreira PI et al. (2013) Espécies Potenciais para Recuperação de Áreas de Preservação Permanente no Planalto Catarinense. *Floresta e Ambiente*, 20 (2): 173-182. doi: 10.4322/loram.2013.003

Figueiredo-Filho A et al. (2003) Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Estado do Paraná. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 5 (1): 70-84

Figueiredo-Filho A et al. (2008) Seasonal diameter increment for 7 species from na Ombrophylous Mixed Forest, Southern state of Paraná, Brazil. *Floresta*, 38 (3): 527-543. doi: 10.5380/ufv.v38i3.12424

Fritts HC (1976) *Tree Rings and Climate*. London: Academic. 567p.

Higuchi P et al. (2012) Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. *Ciência Florestal*, 22 (1): 79-90. doi: 10.5902/198050985081

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/?r=home/page&page=sobre_inmet. Acesso em: 31 jul. 2020.

Kanieski MR et al. (2012) Influência da precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária – PR. *Floresta e Ambiente*, 19 (1): 17-25. doi: 10.4322/loram.2012.003

Kanieski MR et al. (2017) Parâmetros climáticos e incremento diamétrico de espécies florestais em Floresta Aluvial no Sul do Brasil. *Revista Floresta e Ambiente*, 24: 1-11. doi: 10.1590/2179-8087.124814

Krizek DT (1992) *Drenagem superficial para diversificação do uso do solo*. Respostas das plantas ao excesso de água. EMBRAPA, 10p.

Landsberg J, Sands P (2011) *Physiological ecology of forest production: principles, processes, and models*. 1th Edition. Amsterdam: Elsevier. 331p.

Lamprech TH (1990) *Silvicultura nos trópicos*. Eschborn: GTZ.

Lima KDR et al. (2015) Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na Caatinga. *Revista Caatinga*, 28 (1): 203-213.

Marcon AK et al. (2014) Variação florístico-estrutural em resposta à heterogeneidade ambiental em uma floresta nebulosa em Urubici, Planalto Catarinense. *Scientia Forestalis*, 42 (103): 439-450.

Marcon AK et al. (2018) Alteração ambiental e crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na região Centro-Sul do Paraná, Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, 15 (28): 35-46. doi: 10.18677/EnciBio_2018B4

Martins DAP (2017) *Restauração de Áreas Degradadas por exploração mineral no Planalto Catarinense*. Dissertação, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. 91p.

Mazuchowski JZ et al. (2014) *Bracinga, Mimosa scabrella Bentham: cultivo, manejo e usos da espécie*. Florianópolis: EPAGRI.

Mechi A, Sanches DL (2010) Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, 24 (68): 209-220. doi: 10.1590/S0103-40142010000100016

Mizobata KKGS et al. (2017) Crescimento de mudas de Baru e Gonçalo-Alvez em solo degradado, suplementado com resíduo, em Ilha Solteira – SP. *Ciência Florestal*, 27 (2): 429-444.

- Muller YT et al. (2018) Ottocodificação e análise altimétrica e da precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do Rio Pelotas na divisa entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina. *Geographia Meridionalis*, 4 (2): 227-245.
- Neri AV et al. (2011) Espécies de Cerrado com potencial para recuperação de áreas degradadas por mineração de ouro, Paracatu-MG. *Revista Árvore*, 35 (4): 907-918. doi: 10.1590/S0100-67622011000500016
- Neri AC, Sánchez LE (2010) A procedure to evaluate environmental rehabilitation in limestone quarries. *Journal of Environmental Management*, 91 (11): 2225-2237. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.06.005
- Nery ERA et al. (2013) O conceito de restauração na literatura científica e na legislação brasileira. *Revista Caititu*, 1: 43-56. doi: 10.7724/caititu.2013.v1.n1.d04
- Nimer E (1971) Climatologia da região sul do Brasil: introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*, 33: 3-65.
- Pereira ZV et al. (2020) A restauração ecológica em área de preservação permanente no Estado de Mato Grosso do Sul. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3 (4): 4394-4407.
- Perreira IM et al. (2015) Estrutura da vegetação colonizadora em ambiente degradado por extração de cascalho em Diamantina, MG. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 35 (82): 77-88. doi: 10.4336/2015.pfb.35.82.769
- Portella MO (2015) Efeitos colaterais da mineração no meio ambiente. *Revista brasileira de políticas públicas*, 5 (3): 263-276.
- R development core team (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 03 set. 2020.
- Resende AS et al. (2013) Uso de leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas. Em: *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: SBCS. p. 71-92.
- Sales RA et al. (2017) Influência de diferentes fontes de matéria orgânica na propagação da *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Scientia Agraria*, 18 (4): 99-106.
- Scalon SPQ et al. (2011) Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). *Ciência Florestal*, 21 (4): 655-662.
- Schievenin DF et al. (2012) Monitoramento de indicadores de uma área de restauração florestal em Sorocaba-SP. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 19 (1): 95-108.
- Sheoran V et al. (2010) Soil Reclamation of Abandoned Mine Land by Revegetation: A Review. *International Journal of Soil*, 3 (2): 1-21.
- Society For Ecological Restoration International Science (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration, Disponível em: <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-internationalprimer-on-ecological-restoration>. Acesso em: 18 mai. 2022.
- Tedesco MJ et al. (1995) *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2th Edition. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Tres DR et al. (2007) Poleiros Artificiais e Transposição de Solo para a Restauração Nucleadora em Áreas Ciliares. *Revista Brasileira de Biociências*, 5 (1): 312-314.
- Vitti GC, Serrano CGE (2010) O zinco na agricultura. DBO Agrotecnologia, pp.10-11.
- Wickham H (2016) ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag: New York.