

RETENÇÃO DE MATERIAIS PARTICULADOS PELO CINTURÃO VERDE NOS PÁTIOS DE MINÉRIO E CARVÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO: ESTUDO DE CASO

Aureliano Nogueira da Costa¹; Bernardo Enne Corrêia da Silva²; Adelaide de Fátima Santana da Costa³; Roberta Cristina Cotta Duarte Conde⁴; Roberta Follador Amorin⁵.

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador do Incaper (costa.aurelianon@gmail.com); ² Biólogo, Especialista em Gestão Ambiental, Gerente de Sustentabilidade e Meio Ambiente - ArcelorMittal Tubarão (bernardo.silva@arcelormittal.com.br); ³Engenheira Agrônoma e Doutora em Fitotecnia, Pesquisadora do Incaper (adelaidecosta251@gmail.com); ⁴Engenheira Agrônoma e Bióloga, Pesquisadora Bolsista da Fundagres Inovar (duarteconde@yahoo.com.br); ⁵Engenheira Ambiental (roberta.follador@arcelormittal.com.br).

Resumo: O objetivo deste trabalho foi analisar o potencial do Cinturão Verde para retenção de materiais particulados provenientes de ambientes siderúrgicos, além de avaliar seus benefícios biológicos, físicos e paisagísticos. A análise da presença de materiais particulados foi realizada por meio da avaliação dos teores de Ferro (Fe) nas amostras de folhas das espécies mais representativas dos Cinturões Verdes, em dois ambientes na ArcelorMittal Tubarão: Pátio de Minério e Pátio de Carvão. Verificou-se a presença de ferro nas folhas, sendo que, para as folhas não lavadas, por ocasião das análises foliares, os teores de Fe foram superiores aos das folhas lavadas, o que destaca a capacidade de retenção de particulados nas superfícies foliares das plantas no Cinturão Verde. A cobertura verde, além de proporcionar um ambiente com temperatura mais amena, promoveu a produção de biomassa e a manutenção da matéria orgânica do solo, o que contribui para uma melhor infiltração de água no solo e manutenção da umidade, favorecendo o crescimento de micro-organismos, além de minimizar o impacto da chuva, contribuindo para a redução dos processos erosivos. As espécies vegetais analisadas foram eficientes como barreira vegetal, com retenção de material particulado, assim, o uso do cinturão verde para fins de quebra-vento em ambientes industriais é uma alternativa para a proteção das áreas no entorno desses ambientes, com importante contribuição para a redução da velocidade do vento e do potencial impacto no arraste de particulados para as áreas urbanas, proporcionando também, melhorias nas condições ambientais e microclimáticas das áreas protegidas.

Palavras-chave: Cinturão Verde, Retenção de Material Particulado, Quebra-vento.

Introdução

As coberturas florestais no entorno de áreas urbanas ou industriais são consideradas ecossistemas compostos pela interação entre sistemas naturais e sistemas antropogênicos. Essa interação também pode ser observada em Cinturões Verdes, que atuam como quebra ventos e proporcionam a melhoria da qualidade do ar.

O Cinturão Verde é um conjunto de vegetação lenhosa que circunda e envolve os aglomerados urbanos, desde pequenas comunidades rurais até grandes regiões metropolitanas (NOWAK et al., 2001), funcionando como quebra-ventos, sendo compostos por fileiras de árvores sistematizadas em direção perpendicular aos ventos predominantes (IBC, 1981).

Os quebra-ventos são plantios de árvores que podem ser formados por combinações entre diversas espécies visando à redução da velocidade dos ventos para diferentes propósitos. São muitos os princípios envolvidos nessa importante tecnologia, mas no Brasil, há poucos estudos focados nessa questão, diferentemente de outros países onde pesquisadores têm se dedicado a avaliar e descrever os aspectos aerodinâmicos, os critérios mínimos de racionalidade e a maximização dos seus benefícios (LEAL, 1986).

Em atividades que levam ao arraste de material particulado na atmosfera, a utilização de quebra-ventos pode minimizar esse efeito. Estudos têm sido realizados buscando-se viabilizar a utilização de quebra-ventos arbóreos para essa finalidade.

Para a garantia de uma barreira eficiente na redução da velocidade desse arraste de material particulado utilizando-se quebra-ventos arbóreos, é necessário um manejo constante, visto que um povoamento florestal,

seja ele diverso ou não, sofre alterações ao longo do tempo, inerentes a cada indivíduo e às interações diversas do ecossistema. Entretanto, existe uma escassez de estudos científicos sobre a sensibilidade das espécies tropicais no que se refere à questão da poluição atmosférica (SILVA, 2003).

A seleção das espécies e a combinação entre elas, associadas ao manejo, representam um diferencial. A estratificação do Cinturão Verde, ou seja, utilização de espécies de diferentes portes, ou seja, plantas mais baixas, intermediárias e mais altas, de criam barreiras em várias faixas de altura. Assim sendo, a seleção e recomendações das espécies para composição do Cinturão Verde exigem manejo constante, devido às mudanças naturais, para garantir a eficiência na redução da velocidade do vento e seu potencial arraste de particulados.

Nucci (2008) afirma que, para uma área ser identificada como Área Verde, deve haver a predominância de áreas plantadas e também deve cumprir as funções estética, ecológica e de lazer. Gomes (2005) também corrobora a afirmação de que a vegetação oferece grandes benefícios ambientais, como o combate à poluição do ar por meio fotossíntese, regulação da umidade e temperatura do ar, manutenção da permeabilidade, da fertilidade e umidade do solo, proteção contra a erosão, além de contribuir para a redução dos níveis de ruído das cidades.

O Cinturão Verde se comporta como uma barreira, interceptando o ar poluído. As plantas podem remover os poluentes atmosféricos pelos mecanismos de absorção dos gases pelas folhas, deposição de material particulado na superfície das folhas e precipitação de partículas à jusante da vegetação (LAURET et al., 2011).

A biodiversidade do Cinturão Verde engloba a totalidade dos recursos biológicos, dos recursos genéticos e seus componentes, bem como a complexa relação de ecossistemas e habitats, assim como os processos que resultam dessa diversidade, tais como a fotossíntese, o ciclo de nutrientes e a polinização. Assim, são inúmeras as vantagens e os benefícios de se efetivar a instalação de um Cinturão Verde.

O presente trabalho teve como objetivo analisar o potencial de utilização do Cinturão Verde para retenção de materiais particulados provenientes de ambientes siderúrgicos, além de avaliar seus benefícios biológicos, físicos e paisagísticos.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado nas áreas verdes da ArcelorMittal Tubarão, denominadas de Cinturão verde, em dois ambientes distintos: área do Pátio de Minério e de Pátio de Carvão, como observado na Figura 1.

Para avaliar a retenção de material particulado, realizou-se a diagnose foliar, por meio da análise foliar, com amostragem das folhas coletadas nestes ambientes industriais. Tais folhas foram submetidas a dois diferentes métodos de análise: o convencional com lavagem das folhas antes da análise e o outro em que a análise foi realizada sem a lavagem das folhas, para detectar a retenção de particulado na superfície das mesmas.

As espécies utilizadas para a realização desse trabalho foram a Aroeira Vermelha (*Schinus terebinthifolius*) e o Jamelão (*Syzygium cumini*), devido à ocorrência e a frequência das mesmas em ambas as áreas industriais, sendo, portanto, as mais representativas.

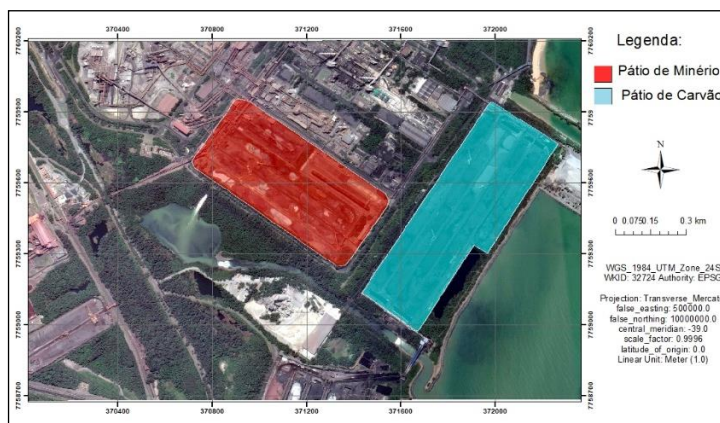


Figura 1-Vista aérea dos Pátios de Minério e de Carvão.

A coleta das folhas, para a avaliação da retenção de particulado em suas superfícies ocorreu em 2020, aos 5 anos após a conclusão da fase de instalação e acompanhamento do desenvolvimento das plantas que foram introduzidas no Cinturão Verde. Procedeu-se às análises foliares para avaliação dos teores do micronutriente Ferro (Fe), por ser este o principal particulado que atinge, de forma visível, as áreas urbanas no entorno da área industrial. Nos Cinturões Verdes do Pátio de Minério e Pátio de Carvão, foram retiradas 20 amostras de cada espécie selecionada (Figura 2), sendo 10 para folhas lavadas e 10 para folhas não lavadas.



Figura 2 - Coleta de folhas.

Resultados e Discussão

Os teores de nutrientes determinados na análise química das folhas foram considerados adequados à nutrição das plantas (COSTA, 1996), conforme estabelecidos para diversas essências florestais. De acordo com a 5ª Aproximação do Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007), a faixa considerada adequada para o elemento Fe, para as culturas florestais, varia entre 50 a 200 mg.kg⁻¹, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1- Valores de referência para micronutrientes para essências florestais.

Cultura	MICRONUTRIENTES (mg.kg ⁻¹)				
	Fe	Zn	Cu	Mn	B
Essências florestais	50 - 200	20 - 60	05 - 15	40 - 600	20 - 70

A análise comparativa dos resultados obtidos para os teores foliares de Fe para as duas espécies coletadas nos ambientes industriais do Pátio de Minério e Pátio de Carvão, em folhas lavadas e não lavadas, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Teores de micronutrientes nas espécies *Schinus terebinthifolius* e *Syzygium cumini*.

Área	Espécie	Condição da Folha	Ferro mg.kg ⁻¹
Pátio de Minério	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	2410
		Não Lavada	2707
	<i>Syzygium cumini</i>	Lavada	1073
		Não Lavada	1265
Pátio de Carvão	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	925
		Não Lavada	973
	<i>Syzygium cumini</i>	Lavada	442
		Não Lavada	620

Verificou-se que os teores de Fe nas folhas não lavadas foram superiores aos das folhas lavadas para as duas espécies, destacando a capacidade de retenção de particulados nas superfícies das folhas das plantas no Cinturão Verde.

Para o ambiente industrial do Pátio de Minério, a variação do Fe, na espécie *Schinus terebinthifolius*, entre folhas lavadas e não lavadas, foi de 2.410 a 2.707 mg.kg⁻¹, enquanto para o *Syzygium cumini*, a variação foi de 1.073 a 1.265 mg.kg⁻¹.

No Pátio de Carvão, a amplitude observada entre folhas lavadas e não lavadas foi de 925 a 973 mg.kg⁻¹ para *Schinus terebinthifolius*, enquanto para *Syzygium cumini* permaneceu entre 442 a 620 mg.kg⁻¹.

Embora os teores de ferro nas espécies analisadas estejam acima do valor de referência, não foram observados sintomas de toxidez para este micronutriente nas espécies *Schinus terebinthifolius* e *Syzygium cumini*.

Quanto aos teores foliares do Fe, nota-se que para ambas espécies a quantidade desse elemento presente nas folhas não lavadas é superior em relação às lavadas, o que mostra a capacidade de retenção de particulados pelas plantas que compõem o Cinturão Verde (Gráfico 1).

Segundo Malavolta (2006), há vários aspectos que devem ser levados em consideração na retenção foliar de particulado de uma espécie, tais como: tricomas, pelos, cera cuticular, idade da folha, e até mesmo o meio em que a espécie está localizada. Dessa forma, é possível que, pelo fato da espécie *Schinus terebinthifolius* possuir folhas compostas, imparipinadas, com grande superfície específica, a retenção de material particulado tenha se apresentado de forma mais efetiva do que na espécie *Syzygium cumini*, que possui folhas simples, opostas e lisas (Figuras 3).

Apesar do grande potencial de retenção de particulado da *Syzygium cumini*, espécie que pode chegar a 20 metros de altura, esse, no período avaliado, se encontrava em estágio de desenvolvimento diferente em relação à *Schinus terebinthifolius*, apresentando um dossel menos denso com área foliar menor, o que proporcionou uma menor retenção de particulado.

Esses resultados destacam a importância da utilização das espécies vegetais, como barreira vegetal ou quebra-vento com a finalidade de retenção de material particulado e consequente minimização do araste, além da sua contribuição na redução da velocidade do vento.

Gráfico 1 - Comparação de retenção de particulado entre as espécies.

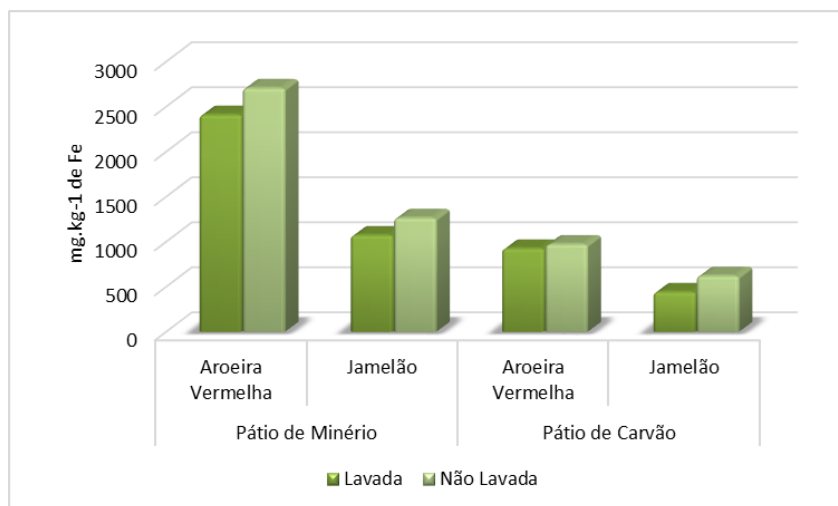


Figura 3 – (A) Retenção de particulado na espécie *Schinus terebinthifolius* e (B) Retenção de particulado na espécie *Syzygium cumini*.

Um importante indicador dos benefícios do Cinturão Verde ou quebra-vento é a sua contribuição para a preservação da biodiversidade, que foi comprovada pela presença de indicadores biológicos, como aves, fungos, insetos, anfíbios, dentre outros, o que, por si só, indicam que o ambiente propiciado pelo Cinturão Verde se torna facilitador do trânsito da fauna local (Figura 4).



Figura 4 - Biodiversidade encontrada no Cinturão Verde.

Conclusão

Os resultados demonstraram que as espécies vegetais analisadas foram eficientes como barreira vegetal ou quebra-vento, a qual tem a finalidade de contribuir para a redução da velocidade do vento e a retenção de material particulado.

O estudo comparativo dos resultados das análises químicas utilizando os procedimentos de folhas lavadas e folhas não lavadas mostrou, de maneira geral, maiores teores para os micronutrientes foliares nas folhas não lavadas, destacando a eficiência do Cinturão Verde na retenção de particulados.

A análise do micronutriente Ferro identificou maior concentração no Pátio de Minério em relação ao Pátio de Carvão, devido à movimentação local e o tipo de material armazenado.

A maior concentração de ferro na superfície das folhas se deu na espécie *Schinus terebinthifolius*, devido ao tipo de folha com maior superfície específica e conseqüentemente apresentarem maior capacidade de retenção, além deste elemento estar presente em grande quantidade nas partículas em suspensão.

A cobertura verde, além de contribuir com a variação da temperatura, contribui com a produção de biomassa e a manutenção da matéria orgânica do solo, que propicia uma melhor infiltração e manutenção da umidade, favorecendo o crescimento de micro-organismos. Reduz também o impacto da chuva diretamente no solo, diminuindo os processos erosivos.

Além da capacidade de reter particulados e diminuir a velocidade do vento, os Cinturões Verdes possuem um importante papel na melhoria da qualidade do ar no seu entorno e do microclima local; proporcionam temperatura e umidade mais amenas, bem como promovem a manutenção da biodiversidade com presença de indicadores biológicos, o que favorece o equilíbrio e a estabilidade dos ecossistemas.

A preservação dessa diversidade compõe o patrimônio natural da Mata Atlântica e dos ecossistemas costeiros.

Referências Bibliográficas

COSTA, A. N. da. Uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) no mamoeiro. In: MENDES, L. G.; DANTAS, J. L. L.; MORALES, C. F. G. **Mamão no Brasil**. Cruz das Almas, BA: EUFBA/EMBRAPA-CNPMF, 1996. p. 49 - 55.

GOMES, M. A. S. **As praças de Ribeirão Preto-SP: uma contribuição geográfica ao planejamento e à gestão dos espaços públicos**. 204 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Uberlândia, 2005.

IBC – Instituto Brasileiro do Café. **Cultura do café no Brasil**. Rio de Janeiro. 1981, 315 p.

LAURET, T. M.; DE PAULA, R. R. C. **Estudo experimental em túnel de vento: análise da capacidade de um cinturão verde reter material particulado em indústria de mineração**. 2011. Disponível em: < http://jic.ifes.edu.br/_legado/jornada_2010_2011/anais/T2614.pdf >. Acesso em: 03 jun. 2021.

LEAL, A. C. **Quebra-ventos arbóreos**: aspectos fundamentais de uma técnica altamente promissora. Curitiba: IAPAR, 1986. (Informe de Pesquisa, n. 67). Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/IP67.Pdf>. Acesso em: 03 jun. 2021.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 639 p.

NOWAK, D. J.; NOBLE, M. H.; SISINNI, S. M.; DWYER, J. F. People and trees: Assessing the US Urban Forest Resource. **Journal of Forestry**, v. 99, n. 3, 2001. p. 37 - 42.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). Edição do autor, 2008. 150 p.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória, ES: SEEA/Incaper/Cedagro, 2007. 289 p.

SILVA, L. C. **Avaliações bioquímicas, fisiológicas e anatômicas dos efeitos de poluentes atmosféricos sobre espécies vegetais**. 2003. 109 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.