



LAUDO TÉCNICO

**AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS DO
USO DE ESPÉCIE AGRONÔMICAS E
FLORESTAIS CULTIVAS NO CINTURÃO VERDE
COMO QUEBRA VENTO EM AMBIENTES DA
MATA ATLÂNTICA E INDUSTRIAIS NO ESPÍRITO
SANTO.**

**Vitória
Junho - 2018**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA DO EFEITO DO QUEBRA VENTO NA REDUÇÃO DA VELOCIDADE DOS VENTOS	5
3. QUEBRA VENTOS ARBÓREOS E SUA INFLUENCIA NA REDUÇÃO DO ARRASTE DE MATERIAL PARTICULADO	8
4. PESQUISAS CIENTÍFICAS NO CINTURÃO VERDE DA ARCELORMITTAL TUBARÃO	10
4.1. Distancia a ser protegida e entre as barreiras	11
4.2. Comprimento	12
4.3. Densidade	12
5. RESULTADOS DAS PESQUISAS REALIZADAS NO CINTURÃO VERDE E NO AMBIENTE DA MATA ATLÂNTICA	13
5.1. Altura das plantas e diâmetro do tronco das espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica e no cinturão verde no ambiente industrial.....	13
5.1.1. Altura das Plantas.....	15
5.1.2. Diâmetro do tronco à altura do peito - DAP	18
6. EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DAS ESPÉCIES VGETAIS NOS AMBIENTES DA MATA ATLÂNTICA E NO CINTURÃO VERDE NO AMBIENTE INDUSTRIAL	20
6.1. Teores de pigmentos fotossintéticos (Índice de Clorofila Total).....	20
Figura 4 - Índice de clorofila obtido em folhas jovens, totalmente expandidas, de plantas cultivadas na Fazenda de Jucuruaba (controle), no Pátio de Estocagem de Carvão (carvão) e no Pátio de Estocagem de Minério (minério). 1=jul/2013; 2=nov/2013; 3=mai/2014; 4=ago/2014. (AA) Acacia auriculiformis; (AM) Acacia mangium; (AR) Schinus terebinthifolius; (EC) Corymbia citriodora; (ET) Corymbia torelliana; (IR) Handroanthus heptaphyllus; (FE) Senna macranthera; (PV) Bauhinia forficata. (n=10).	22
6.2. Cinética da Emissão da Fluorescência da Clorofila a.....	23
7. FERTILIDADE DE SOLOS E SUA INFLUENCIA NAS ESPÉCIES VEGETAIS NOS AMBIENTES DA MATA ATLÂNTICA E NO CINTURÃO VERDE NO AMBIENTE INDUSTRIAL	29
7.1. Análises Físicas do Solo	29
7.2. Análises Químicas de Nutrientes e Metais Pesados	30
7.3. Acidez pH), saturação de Bases (V), Capacidade de Troca Cationica efetiva (t), Capacidade de Troca Cationica a pH 7,0 (T) e Alumínio Trocável (Al)	31
7.3.1. A acidez do solo (pH).....	31
7.3.2. Saturação de Bases (V%)	34
7.3.3. CTC.....	35
7.3.4. Matéria orgânica (M.O.).....	36
7.4. ANÁLISE DOS MACRONUTRIENTES NO SOLO.....	37
ANÁLISE DOS MICRONUTRIENTES NO SOLO	39
8. DIAGNOSE FOLIAR E NUTRIÇÃO DE PLANTAS E SUA INFLUENCIA NAS ESPÉCIES VGETAIS NOS AMBIENTES DA MATA ATLÂNTICA E NO CINTURÃO VERDE NO AMBIENTE INDUSTRIAL	41



8.1. Diagnose foliar e nutrição de plantas	41
8.2. Nutrição mineral de plantas.....	42
8.3 RESULTADOS DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NAS FOLHAS	43
9. ESTUDO DE ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS PARA COBERTURA VERDE NOS PÁTIOS DE COPRODUTOS DA CASP	62
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
11. EQUIPE TÉCNICA	67
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LAUDO TÉCNICO COM OS AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS DO CINTURÃO VERDE COMO QUEBRA VENTO EM AMBIENTES DA MATA ATLÂNTICA E INDUSTRIAIS NO ESPÍRITO SANTO.

1. INTRODUÇÃO

O presente laudo técnico foi elaborado com os resultados das pesquisas desenvolvidas com a utilização de espécies agronômicas e florestais como quebra ventos em ambientes da Mata Atlântica sem interferência da ação antrópica utilizados como unidade de referência, e de forma comparativa com os resultados obtidos para as mesmas espécies vegetais cultivadas em ambientes industriais no Pátio de Carvão e no Pátio de Minério.

Os experimentos de pesquisa foram instalados utilizando o Delineamento Experimental em Blocos casualizados com 3 repetições nos 3 ambientes: Mata Atlântica (unidade de Referência sem influência da ação Antrópica); Pátio de Carvão e Pátio de Minério no Ambiente Industrial da ArcelorMittal.

Os estudos e pesquisas com a utilização da cobertura verde foram ampliadas para os Pátios de Coprodutos com o cultivo de espécies vegetais da família das leguminosas com o objetivo de identificar a adaptação e o potencial de cobertura das espécies vegetais nos pátios de coprodutos da ArcelorMittal Tubarão

As pesquisas foram desenvolvidas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural –Incaper em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo – UFES com uma equipe técnica multidisciplinar composta por pesquisadores do Incaper e da Ufes para promover um estudo das características e comportamento das espécies vegetais quanto ao crescimento e desenvolvimento vegetal e dos indicadores e parâmetros fisiológicos de plantas para verificar a influência do ambiente industrial na taxa fotossintética das espécies vegetais pesquisadas no cinturão verde para fins de quebra ventos.

A fertilidade de solos e nutrição mineral de plantas são fundamentais nos estudos de crescimento, desenvolvimento e adaptação de espécies vegetais aos ambientes e nesse contexto, as pesquisas foram realizadas utilizando os



parâmetros físicos e químicos do solo e a nutrição mineral de plantas, proporcionando um melhor conhecimento da relação solo:planta:ambiente .

Os avanços científicos e tecnológicos advindos das pesquisas com a utilização de espécies agrônômicas e florestais no cinturão verde da ArcelorMittal são inéditos em ambientes industriais e apresentam resultados inovadores quanto à utilização de barreiras vegetais como quebra ventos no cinturão verde.

O estudo do comportamento de espécies agrônômicas e florestais para fins de quebra-ventos em ambientes industriais é uma prioridade ambiental para identificar e recomendar espécies com base no conhecimento científico e na pesquisa aplicada.

A avaliação quanto ao crescimento, desenvolvimento e adaptação das espécies em sistemas de cultivo no Bioma Mata Atlântica, sem interferência da ação antrópica, comparado com o cultivo no ambiente Industrial da ArcelorMittal é um diferencial metodológico para descrever o comportamento e a influência dos fatores fisiológicos, biológicos, nutricionais e fitossanitários na planta e no solo.

Os resultados obtidos com as pesquisas no cinturão verde, para os parâmetros de crescimento das plantas, fisiologia vegetal, fertilidade de solos e nutrição de plantas são inéditos e considerados satisfatórios para sua recomendação e uso em ambientes industriais conforme apresentados e discutidos a seguir.

2. FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA DO EFEITO DO QUEBRA VENTO NA REDUÇÃO DA VELOCIDADE DOS VENTOS

Os cinturões verdes para fins de quebra ventos são constituídos por plantios de árvores em diversas combinações ou consórcios entre diversas espécies visando a redução da velocidade dos ventos para diferentes propósitos. São muitos os princípios envolvidos nessa importante tecnologia, análise, avaliação e descrição dos aspectos aerodinâmicos, critérios mínimos de racionalidade e a maximização dos benefícios (LEAL, 1986).

A permeabilidade do quebra vento é de extrema importância por determinar a extensão da obstrução do fluxo de ar e a redução da energia cinética do vento. Essa permeabilidade possibilita filtrar e reduzir o fluxo de ar a uma distância



relativamente longa, até que a turbulência chegue à superfície do solo (CLEUGH et al, 2002).

Os primeiros quebra ventos foram plantados na Escócia no século XVII e foram disseminados por toda a Europa e Ásia ainda no século XIX (GUYOT, 1963). No Brasil essa prática teve início na década de 70, seguindo a recomendação do Instituto Brasileiro do Café (IBC) para utilização em regiões propícias para o plantio do cafeeiro, porém sujeitas a maiores incidências de ventos fortes (BAGGIO, 1983).

Os sistemas agroflorestais foram difundidos nos Estados Unidos durante os prolongados períodos de baixa precipitação em que ocorreram fenômenos climáticos de tempestades de areia na década de 1930, quando o uso de quebra ventos foi utilizado para minimizar o efeito do vento no arraste de areia e erosão do solo. .

A *Civilian Conservation Corps* (CCC) publicou um programa de trabalho que operou entre 1933 e 1942 nos Estados Unidos relacionado à conservação e desenvolvimento de práticas naturais para a conservação do solo por meio do uso de espécies florestais para reduzir esse grave problema da erosão do solo pela força eólica.

Os estudos científicos fundamentados em pesquisas desenvolvidas com quebra ventos destacam a importante contribuição da barreira vegetal na redução da velocidade e direção dos ventos.

A diferença de gradiente de pressão atmosférica gera o deslocamento do ar, ou seja, origina os ventos. Estes, partindo de zonas de maior para as de menor pressão, sofrem influências também do movimento de rotação da terra, da força centrífuga ao seu movimento, bem como da topografia e consequente atrito com a superfície terrestre (TUBELIS; NASCIMENTO, 1984).

O vento de superfície, responsável pela movimentação horizontal do ar, ocorre devido a diferença de temperatura e pressão entre as áreas distintas e para o conhecimento das características e ocorrência de ventos em determinada região são necessários levantamentos e informações climatológicas que coletam os dados e armazenam as informações referentes à velocidade, a direção, a força e a frequência de calma.

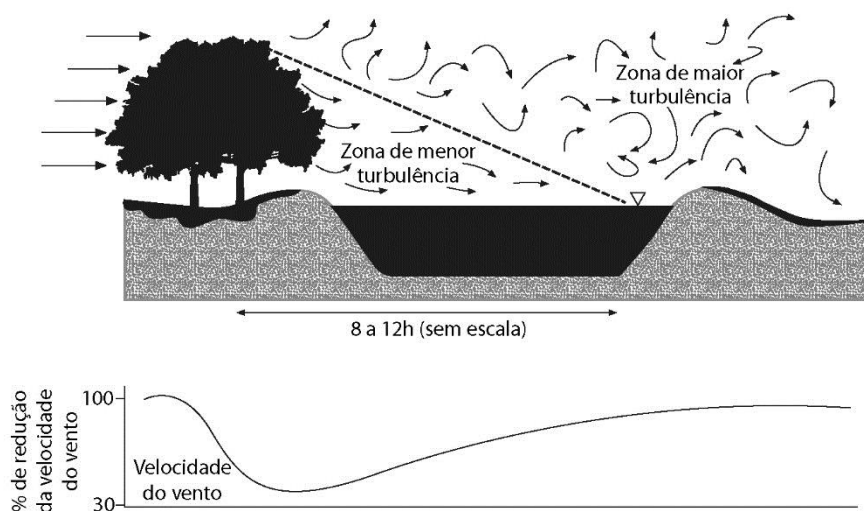
A orientação da direção dos ventos usa como referência os pontos cardeais: Norte (N), Sul (S), Leste (L), Oeste (W), Nordeste (NE), Noroeste (NW), Sudeste (SE) e Sudoeste (SW).

Na avaliação da direção dos ventos utiliza-se duas denominações distintas: a barlavento, que é a direção de onde sopram os ventos e a sotavento, a direção para onde os ventos se deslocam (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980).

As velocidades médias do vento estão relacionadas, além da posição geográfica, com a altitude do local. Quando o vento encontra uma planta, parte da sua energia é transferida e dessa interação resulta a chamada ação mecânica do vento (VOLPE; SCHÖFFEL, 2001).

A ação mecânica dos ventos pode ser melhor visualizada na Figura 1.

A **Figura 1** apresenta um esboço do comportamento do vento no quebra vento.



Fonte: HIPSEY, 2002, com adaptação

Figura 1 – Sistema de quebra vento com destaque para as zonas de maior e menor turbulência no lado sotavento da barreira.

O estado do Espírito Santo está situado numa zona de predomínio da influência do centro de alta pressão Anticiclone Tropical do Atlântico Sul, resultando em acentuada ocorrência de ventos de quadrante leste e nordeste. Concomitantemente a esse mecanismo, agem as intermitentes incursões de massas polares –as frentes frias– resultando em uma marcante sazonalidade.



Esses mecanismos são as principais influências na escala sinótica da dinâmica atmosférica, as quais se combinam com os mecanismos de mesoescala, tais como as brisas marinhas, terrestres e lacustres, ventos montanha-vale, jatos noturnos e outros. Em geral os ventos mais intensos ocorrem nos meses de primavera, de setembro a novembro, e os mais brandos nos meses de final de outubro e início de inverno, de abril a junho (AMARANTE; SILVA; ANDRADE, 2009).

3. QUEBRA VENTOS ARBÓREOS E SUA INFLUENCIA NA REDUÇÃO DO ARRASTE DE MATERIAL PARTICULADO

O vento é uma das variáveis meteorológicas mais importantes e menos estudadas, sendo que na agricultura, é conhecida a sua influência na aplicação de defensivos e em estudos voltados à propagação de doenças, polinização e práticas com quebra-vento (Munhoz; Garcia, 2008).

A utilização de quebra ventos no setor agropecuário pode contribuir para a proteção do solo contra a erosão eólica, para a melhoria da conservação da umidade, da conservação da fauna, do manejo integrado de pragas, da preservação da paisagem, com maior conforto dos animais silvestres e pecuários, além do aumento na polinização das árvores silvestres e cultivadas, devido a maior incidência de insetos, sobretudo, de abelhas melíferas (FRANÇA; OLIVEIRA, 2010).

Para a recuperação de áreas degradadas ao longo de ferrovias, de reservatórios de água, entre outros empreendimentos de importância para a melhoria da qualidade de vida da população inserida em uma sociedade, em consonância com a preservação do meio ambiente, são utilizadas técnicas de plantio de árvores, formando cinturões verdes, o que proporciona também o resgate da biodiversidade, contenção de erosão, redução da velocidade do vento, com recomposição paisagística (JESUS, 1992).

Em atividades industriais com possível geração e 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.



A eficiência da barreira vegetal na redução da velocidade e do arraste de material particulado é influenciada pela composição e arranjo das espécies de porte alto, médio e baixo, para promover uma maior compacidade da barreira.

Quebra-ventos podem ser desenhados e manejados para prover lenha, madeira, frutos, resinas e outros produtos enquanto continuam a cumprir com seu principal objetivo que é reduzir a ação dos ventos. A partir da seleção de espécies adequadas e de práticas de manejo intensivo, quebra ventos podem integrar sistemas complexos e multifuncionais como é o caso de sistemas agroflorestais (RAO et al 1998; SCHALLER et al 2003; PADOVAN et al 2015) além de contribuir na conservação da biodiversidade.

Uso do cinturão verde, para fins de quebra-vento em ambientes industriais, é uma alternativa para a proteção das áreas no entorno do ambiente industrial com importante contribuição na redução da velocidade do vento e do impacto no arraste de particulados para as áreas urbanas e dessa forma, proporcionar melhorias nas condições ambientais e microclimáticas das áreas protegidas.

A cobertura vegetal exerce um importante papel na sustentabilidade ambiental pela sua contribuição e melhoria da qualidade do ar em três princípios básicos: separação, alteração e remoção.

A separação consiste no papel passivo das faixas verdes, em aumentar a distância entre a fonte emissora e o receptor, formando uma zona tampão e possibilitando um maior tempo para a diluição da poluição.

O princípio básico da alteração consiste no uso de espaços vegetados para modificar o meio aéreo por onde a poluição se move em direção ao receptor, através da influência no microclima e no fluxo de vento.

A remoção consiste na redução da poluição através da absorção da vegetação (gases), sedimentação por efeito da gravidade, e retenção por contato da partícula com as plantas reduzindo a sua movimentação e proporcionando a deposição e arraste das partículas pela chuva.



4. PESQUISAS CIENTÍFICAS NO CINTURÃO VERDE DA ARCELORMITTAL TUBARÃO

De acordo com o Instituto Terra (2013) diversos estudos foram realizados para avaliar a eficiência do Cinturão Verde da ArcelorMittal Tubarão, em 1997 e 2004, pelo Midwest Research Institute (MRI), instituição norte-americana, independente e sem fins lucrativos, conhecida mundialmente pelos importantes estudos desenvolvidos na área ambiental.

Os estudos desenvolvidos pela MRI na ArcelorMittal Tubarão concluíram que o cinturão verde apresentou uma eficiência acima de 85% no controle do vento com velocidade acima de 16 metros por segundo e de 100% para velocidades menores.

Em 2010, o Instituto Terra desenvolveu diversas ações para avaliar a eficiência do cinturão verde e verificaram importantes contribuições, além da redução da velocidade do vento, na redução do nível de ruído; contenção da erosão do solo e embelezamento paisagístico dentro da usina.

As pesquisas científicas desenvolvidas nas áreas verdes da ArcelorMittal proporcionaram avanços científicos e tecnológicos que foram utilizados como estratégia para ampliação da cobertura agroflorestal nos pátios industriais que resultaram na ampliação do cinturão verde com a construção de áreas elevadas com taludes para o plantio de 5 mil mudas de espécies tais como a aroeira, acácia, flamboyant entre outras na composição da cobertura verde. Mesmo sendo um dispositivo de controle ambiental, o cinturão verde também é uma floresta viva, com uma rica diversidade de plantas e animais.

Os estudos de espécies agronômicas e florestais em ambientes naturais da Mata Atlântica e em ambientes industriais inserem o conceito de sustentabilidade por meio do uso de sistemas agroflorestais – SAFs para identificar a adaptação de espécies, dimensionamento dos quebra ventos, densidade, sistemas de manejo de solo e plantas e sua recomendação de uso em ambientes de estocagem de carvão e minério na ArcelorMittal Tubarão.



4.1. Distância a ser protegida e entre as barreiras

A distância protegida além de sofrer a influência direta da altura (Volpe; Schöffel, 2001), também sofre influência da declividade do terreno a qual pode intervir na proteção efetiva.

Finch (1988) estabeleceu a distância de influência de quebra vento em função de sua altura e da declividade do terreno. Em um terreno plano (0% de declividade) a distância de influência é de 10h. À medida que a declividade aumenta, a distância de influência é reduzida, A 30% de declividade, a distância de influência reduz para 2,5h. Em declividades superiores a distância de influência é de 2,0h (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Distância de influência em função da interação da altura do quebra vento (h) com a declividade do terreno

Declividade do terreno (%)	Distância de influência
0	10,00h
5	6,65h
10	5,00h
15	4,00h
20	3,30h
25	2,85h
30	2,50h
>30	2,00h

h = altura da cortina quebra vento.

FINCH,1988, com adaptação.

A proporção entre a altura da barreira e a distância de proteção é minimizada à medida que ela se torna mais alta. Pavari (1961), observou que a distância de proteção de uma barreira de 25m de altura foi praticamente a mesma de uma com 20m. A sotavento da barreira a extensão da proteção efetiva gira em torno de 15 ou 20 vezes a altura, enquanto a barlavento apenas de 2 a 5h (Caborn, 1960).



4.2. Comprimento

As barreiras relativamente curtas permitem a entrada do vento pelas laterais a uma maior velocidade. A instalação de barreira quebra ventos, sempre que possível, deve ser realizada na direção perpendicular aos ventos predominantes na região. A dimensão adequada da barreira deve ser definida em função da relação do comprimento x altura. Para a máxima eficiência, Staple e Lehane (1955), citados por Rollin (1983) e Motta (1976), destacaram como uma razão mínima a relação de 20:1 (comprimento:altura). O monitoramento das barreiras para evitar falhas ao longo de seu comprimento é fundamental para redução da velocidade do vento, uma vez que a canalização do vento nos locais de falhas pode aumentar a velocidade efetiva em até 20% do normal, fenômeno esse denominado de “efeito jato”. Uma alternativa para minimizar esse efeito é a utilização de barreiras em compartimentação, sistema esse considerado compensatório.

4.3. Densidade

A densidade é o número de linhas usadas no quebra-vento, o qual deve reduzir a velocidade do vento sem impedir o seu fluxo (CONCEIÇÃO, 1996), dessa forma, a distribuição da porosidade é um fator importante. Alta porosidade do quebra vento perto do solo tem a vantagem de permitir o fluxo de ar, prevenindo contra a formação de diferença de pressão, mas pode ter como desvantagem a baixa atenuação da velocidade do vento perto da superfície, imediatamente a sotavento. A turbulência do fluxo de ar incidente tem influência na eficácia do quebra-vento (VOLPE; SCHÖFFEL, 2001).

Quebra ventos com alta densidade apresentam grande eficiência imediatamente após a barreira, porém os medianamente densos, mesmo não tendo grande eficiência logo após a barreira, são mais efetivos a médias distâncias. Uma porosidade de 40% em ensaios com quebra ventos artificiais, em túnel de vento, e em nível de campo, mostrou uma melhor eficiência para maiores áreas. Logo, quebra ventos de estruturas vivas (árvores e arbustos) com média densidade, estrutura uniforme em toda sua altura e sem falhas, para não provocar afunilamento do vento, apresentam os melhores resultados (CABORN, 1960).



Essa densidade pode também variar no nível superior e inferior da barreira. Quando as árvores crescem, o nível inferior fica menos denso, modificando a ação dos quebra ventos. Gorshenin (1941), citado por Caborn (1960) verificou que, para a maioria dos casos a densidade moderada em toda a altura é preferível.

Pavari (1961), reforçou essa indicação, quando observou que quebra ventos muito densos reduziram em 19% a velocidade do vento a uma distância 10h da barreira, enquanto os quebra ventos mediamente densos reduziram a velocidade do vento em 38% à mesma distância. Para Rosenberg (1974), uma barreira densa protege a área a uma distância de 10 a 15 vezes a altura dessa barreira, enquanto o aumento da porosidade para 50% permite aumentar esta distância para 20 a 25 vezes a altura dos quebra-ventos. É importante destacar que essa porosidade depende da arquitetura das copas, do espaçamento entre as árvores e do número de fileiras.

5. RESULTADOS DAS PESQUISAS REALIZADAS NO CINTURÃO VERDE E NO AMBIENTE DA MATA ATLÂNTICA

As pesquisas com o cinturão verde como quebra vento foram realizadas nos ambientes industriais e na Mata Atlântica para analisar, de forma comparativa, o crescimento e desenvolvimento de espécies agrônômicas e florestais para fins de quebra vento.

Os experimentos foram instalados em 2012 em 3 locais sendo dois no ambiente industrial e 1 na Fazenda Experimental Reginaldo Conde que está localizada no Município de Viana em local sem ação antrópica e sem interferência do ambiente industrial.

5.1. Altura das plantas e diâmetro do tronco das espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica e no cinturão verde no ambiente industrial

As pesquisas foram desenvolvidas com o cultivo de 8 espécies vegetais implantados em 3 ambientes com o objetivo de avaliar a adaptação e desempenho de espécies agrônômicas e florestais como quebra ventos.

Nestes ensaios foram avaliadas 8 espécies, sendo quatro do Bioma Mata Atlântica e quatro exóticas ao Bioma, conforme apresentado na **Tabela 1**.

Tabela 1. Relação das espécies, avaliadas aos 30 meses de implantação do ensaio.

Sigla	Nome vulgar	Nome científico	Ocorrência Natural
AA	Auriculifomis	<i>Acacia auriculiformis</i>	Austrália
AM	Mangium	<i>Acacia mangium</i>	Austrália
AR	Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Mata Atlântica
EC	Citriodora	<i>Corymbia citriodora</i>	Austrália
ET	Toreliana	<i>Corymbia torelliana</i>	Austrália
FE	Fedegoso	<i>Senna macranthera</i>	Mata Atlântica
IR	Ipê Rosa	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Mata Atlântica
PV	Pata de Vaca	<i>Bauhinia forficata</i>	Mata Atlântica

O desempenho de crescimento e desenvolvimento das espécies foram avaliados quanto a altura total da planta e diâmetro à altura do peito (DAP=1,30 metro) e sobrevivência, comparativamente nos 3 ambientes, sendo eles a Fazenda Experimental Engenheiro Agrônomo Reginaldo Conde, situada em ambiente da Mata Atlântica, no ambiente Pátio de estocagem de carvão e ambiente Pátio de estocagem de Minério, ambos situados no interior do parque industrial da ArcelorMittal Tubarão, conforme **Tabela 2**.

Tabela 2. Locais onde os ensaios foram instalados.

Local	Ambiente	Município	Coordenadas Geográficas
Fazenda Experimental Engenheiro Agrônomo Reginaldo Conde (Fazenda Jucuruaba)	Mata Atlântica	Viana - ES	40° 28' W / 20° 25' S
Pátio de Estocagem de Carvão	Parque Industrial	Vitória - ES	40° 13' W / 20° 15' S
Pátio de Estocagem de Minério	Parque Industrial	Vitória - ES	40° 14' W / 20° 15' S

5.1.1. Altura das Plantas

A altura das plantas é um indicador de crescimento e adaptação das espécies aos diversos ambientes e os resultados foram submetidos análise utilizando o software Genes, da Universidade Federal de Viçosa, submetidos a análise estatística Fatorial com dois fatores de interação (A x B), comparando o crescimento entre as espécies dentro da área experimental e entre as áreas experimentais (ambientes). As médias foram comparadas pelo teste Tukey, também utilizando o software Genes, ao nível de significância de 5%, conforme mostrado na **Tabela 3**.

Tabela 3. Altura média das plantas para oito espécies agrônômicas e florestais aos 30 meses pós plantio.

	Espécie\Local	Fazenda Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
AA	<i>Acacia auriculiformis</i>	3,24 A* de**	3,45 A d	3,64 A c
AM	<i>Acacia mangium</i>	8,74 A a	4,92 B bc	4,29 B c
AR	<i>Schinus terebinthifolius</i>	4,15 A d	4,05 A cd	4,04 A c
EC	<i>Corymbia citriodora</i>	6,42 B c	5,77 B ab	7,73 A a
ET	<i>Corymbia torelliana</i>	7,55 A b	5,97 B a	6,30 B b
FE	<i>Senna macranthera</i>	1,59 B f	3,35 A de	1,95 B d
IP	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	2,61 A e	2,39 A e	2,57 A d
PV	<i>Bauhinia forficata</i>	3,05 A e	3,20 A de	0,00 B e

*Letras maiúsculas e iguais na horizontal não diferem estatisticamente entre si, pelo teste tukey ao nível de 5% de significância e comparam os ambientes

**Letras minúsculas e iguais na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste tukey ao nível de 5% de significância e comparam as espécies dentro dos ambientes.

A análise fatorial comparando os três ambientes permite avaliar se houve diferença significativa quanto ao crescimento das plantas para cada espécie, para recomendação de uso como quebra-ventos.

As espécies *Corymbia citriodora* e *Senna macranthera* apresentaram crescimento superior nos ambientes de pátio de minério, 7,73m, e pátio de carvão, 3,35 m, respectivamente.

A análise comparativa das plantas de *Corymbia citriodora* e *Senna macranthera* nos pátios industriais foram superiores aos verificados para esses parâmetros no ambiente mata atlântica, 6,42 e 1,59 m. Esses resultados destacam as diferentes capacidades de adaptação das espécies avaliadas



quanto aos ambientes independentes da ação antrópica, enfatizando que o ambiente industrial não interferiu no crescimento dessas espécies.

As espécies *Acacia auriculiformis*, *Schinus terebinthifolius*, *Handroanthus heptaphyllus*, apresentaram crescimento semelhante nos ambientes dos pátios industriais e no ambiente da mata atlântica, não diferindo, significativamente, entre os ambientes. Os resultados observados corroboram os resultados obtidos para as espécies anteriores, mostrando mais uma vez que não foi observado o efeito dos ambientes industriais para essas três espécies, quando comparado com o ambiente da mata atlântica considerado unidade de referência sem interferência antrópica.

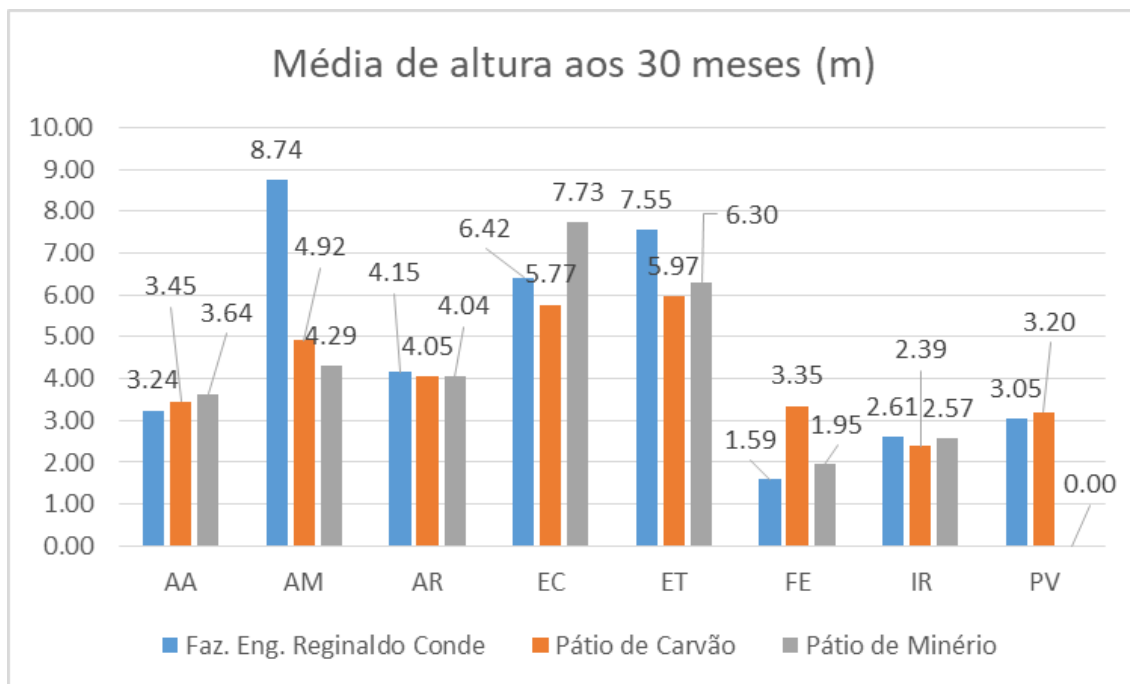
A *Corymbia torelliana* foi a única espécie que apresentou maior crescimento no ambiente mata atlântica quando comparado com o crescimento nos ambientes dos pátios industriais.

A espécie *Bauhinia forficata*, não sobreviveu nas condições do pátio de minério, demonstrando sua sensibilidade neste ambiente. Entretanto essa espécie se destacou no pátio de carvão o seu desenvolvimento foi semelhante ao ambiente da fazenda no ambiente da mata atlântica, não apresentando diferença significativa entre esses dois ambientes.

A representação gráfica dos resultados para a altura de plantas, em metros, está apresentada na **Figura 2**, para melhor visualização comparativa das espécies nos três ambientes.



Figura 2. Média de altura de planta aos 30 meses.



5.1.2. Diâmetro do tronco à altura do peito - DAP

O diâmetro do tronco à altura do peito - DAP foi utilizado como parâmetro para avaliar o vigor das plantas, quanto a maior resistência ao tombamento pela ação dos ventos e está relacionado diretamente com a altura das plantas. Os resultados foram submetidos análise utilizando o software Genes, da Universidade Federal de Viçosa, submetidos a análise estatística Fatorial com dois fatores de interação (A x B), comparando o crescimento entre as espécies dentro da área experimental e entre as áreas experimentais (ambientes). As médias foram comparadas pelo teste Tukey, também utilizando o software Genes, ao nível de significância de 5%, conforme mostrado na **Tabela 4**.

Tabela 4. Diâmetro do tronco a altura do peito, em centímetros, das espécies aos 30 meses.

	Espécie\Local	Fazenda Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
AA	<i>Acacia auriculiformis</i>	2,16 B* c**	3,03 A c	3,58 A b
AM	<i>Acacia mangium</i>	9,11 A a	3,99 B c	4,18 B b
AR	<i>Schinus terebinthifolius</i>	2,53 A c	3,82 A c	3,44 A b
EC	<i>Corymbia citriodora</i>	4,65 C b	6,18 B b	8,31 A a
ET	<i>Corymbia torelliana</i>	7,94 A a	8,07 A a	8,11 A a
FE	<i>Senna macranthera</i>	2,09 A c	2,70 A c	0,74 B c
IP	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	2,28 A c	3,24 A c	2,92 A b
PV	<i>Bauhinia forficata</i>	2,10 A c	2,40 A c	0,00 B c

*Letras maiúsculas e iguais na horizontal não diferem estatisticamente entre si, pelo teste tukey ao nível de 5% de significância e comparam os ambientes

**Letras minúsculas e iguais na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste tukey ao nível de 5% de significância e comparam as espécies dentro dos ambientes.

As espécies *Acacia auriculiformis* e *Corymbia citriodora* apresentaram os maiores valores de diâmetro nos ambientes industriais dos pátios de minério e carvão, sendo diferente, significativamente, do observado para o ambiente da Mata Atlântica.

A espécie *Corymbia citriodora* apresentou diâmetro superior no ambiente do pátio de minério diferindo, significativamente, dos ambientes do pátio de carvão e da Mata Atlântica, que não diferiram significativamente entre si.

As espécies *Schinus terebinthifolius*, *Corymbia torelliana* e *Handroanthus heptaphyllus* não apresentaram diferenças significativas para o diâmetro nos três ambientes.



Esses resultados comprovam que as espécies, de maneira geral, apresentaram diâmetro superior nos ambientes industriais ou semelhante ao ambiente da Mata Atlântica, demonstrando alta capacidade de adaptação no Cinturão Verde como quebra-vento nos ambientes industriais

A espécie *Acacia mangium* apresentou diâmetro inferior nos ambientes industriais, mostrando sua menor capacidade de adaptação nesses ambientes.

Senna macranthera apresentou desenvolvimento inferior no pátio de minério, porém no pátio de carvão o seu desenvolvimento foi semelhante, não diferindo estatisticamente ao do ambiente da Mata Atlântica, demonstrando diferença de desenvolvimento dentro dos ambientes industriais.

A espécie *Bauhinia forficata* apresentou desenvolvimento semelhante entre os ambientes da Mata Atlântica e o ambiente industrial do pátio de carvão. Essa espécie não apresentou adaptação nas condições do pátio de minério.



6. EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DAS ESPÉCIES VEGETAIS NOS AMBIENTES DA MATA ATLÂNTICA E NO CINTURÃO VERDE NO AMBIENTE INDUSTRIAL

As avaliações da eficiência fotossintética (teores de pigmentos fotossintéticos, cinética de emissão da fluorescência transiente da clorofila *a* e trocas gasosas) consistiram em quatro coletas de dados nos três locais de cultivo das plantas. Elementos climáticos (temperatura, pluviosidade e radiação solar) foram acompanhados simultaneamente durante todo o projeto.

6.1. Teores de pigmentos fotossintéticos (Índice de Clorofila Total)

A quantificação do índice de clorofila foi determinada utilizando-se um clorofilômetro portátil (SPAD-502, Minolta Camera Co. Ltd.) conforme metodologia sugerida por Cassol et al. (2008).

Para as análises, foram utilizadas, sempre, folhas jovens completamente expandidas, do terceiro ou quarto par, a partir do ápice de ramos plagiotrópicos, localizados no terço mediano das plantas.

As variações no índice de clorofila observados nas plantas jovens, durante a primeira medida (julho/2013) mostravam diferentes níveis de tolerância aos ambientes, com diferentes interferências de particulados depositados na superfície das folhas (**Figura 3**).

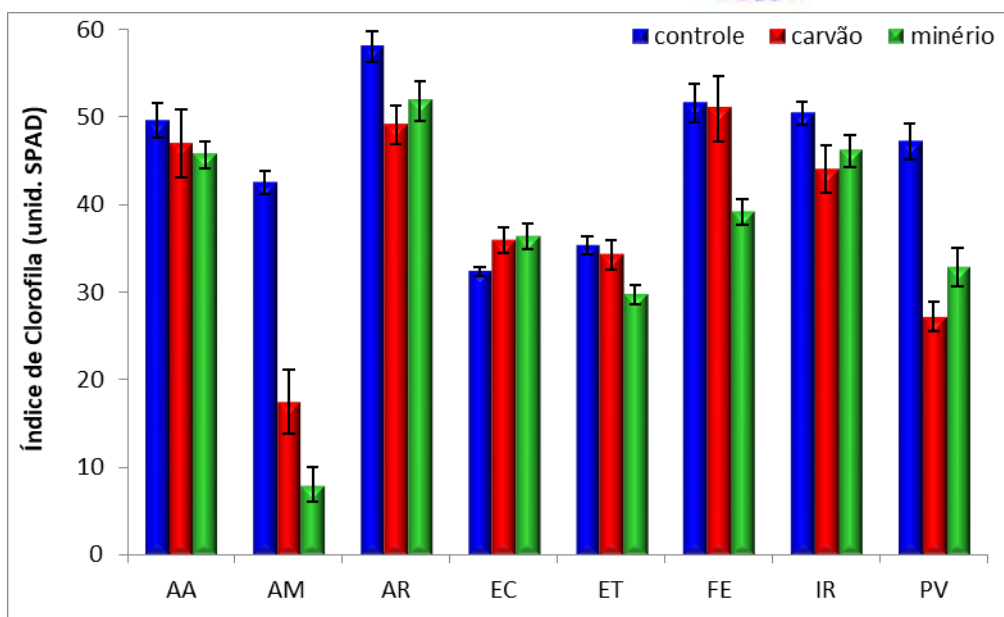


Figura 3 - Índice de clorofila de folhas totalmente expandidas de plantas cultivadas na Fazenda de Jucuruaba (controle), no Pátio de Estocagem de Carvão (carvão) e no Pátio de Estocagem de Minério (minério). (AA) - *Acacia auriculiformis*; (AM) *Acacia mangium*; (AR) *Schinus terebinthifolius*; (EC) *Corymbia citriodora*; (ET) *Corymbia torelliana*; (FE) *Senna macranthera*; (IR) *Handroanthus heptaphyllus*; (PV) *Bauhinia forficata*. Barras representam o erro padrão da média de 50 medidas.

Durante o período de desenvolvimento das pesquisas, ocorreram mudanças contínuas neste índice em cada uma das oito espécies. A comparação dos teores de clorofila total, entre o primeiro e o segundo ano de crescimento, destacam-se as espécies com maior e menor tolerância ao resíduo sólido depositado sobre as folhas (**Figura 4**).

Observa-se que as plantas de *Acacia mangium*, *Senna macranthera* e *Bauhinia forficata* foram aquelas que mais se destacaram quanto à sensibilidade aos particulados. *Bauhinia forficata* e *Senna macranthera* também mostraram menores índices de clorofila total tanto no primeiro quanto no segundo ano de avaliação. Esses resultados demonstram a menor capacidade de adaptação dessas espécies nos ambientes industriais.

Quando se comparam os ambientes industriais, pátio de minério e carvão, quanto às porcentagens dos teores de clorofila (**Tabela 5**) é possível afirmar que dentre as oito espécies submetidas aos ambientes da estocagem *Acacia mangium* é uma espécie sensível tanto aos ambientes industriais do pátio de



minério quanto ao pátio de carvão. Por outro lado, as plantas de *Acacia auriculiformis* tiveram maior desempenho nos ambientes industriais.

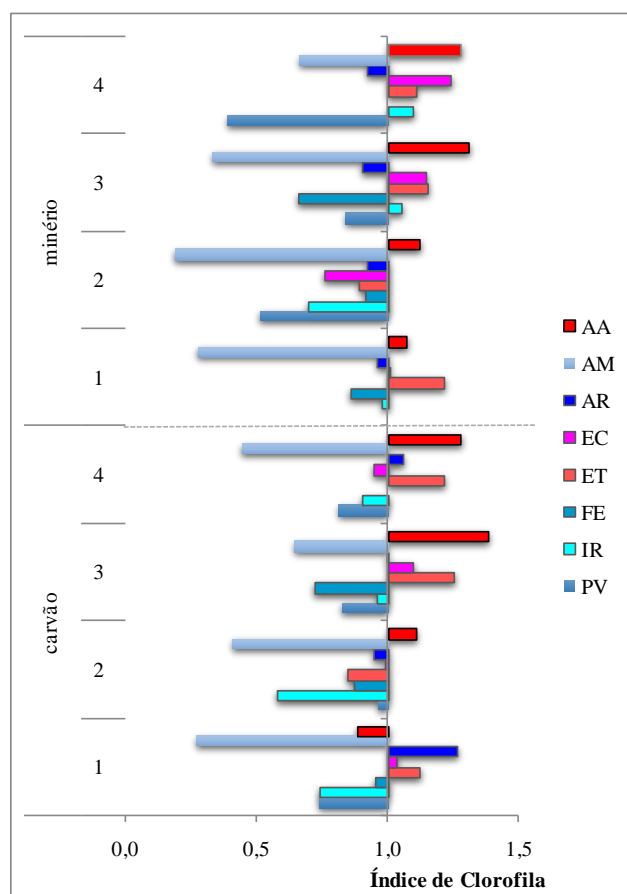


Figura 4 - Índice de clorofila obtido em folhas jovens, totalmente expandidas, de plantas cultivadas na Fazenda de Jucuruaba (controle), no Pátio de Estocagem de Carvão (carvão) e no Pátio de Estocagem de Minério (minério). 1=jul/2013; 2=nov/2013; 3=mai/2014; 4=ago/2014. (AA) *Acacia auriculiformis*; (AM) *Acacia mangium*; (AR) *Schinus terebinthifolius*; (EC) *Corymbia citriodora*; (ET) *Corymbia torelliana*; (IR) *Handroanthus heptaphyllus*; (FE) *Senna macranthera*; (PV) *Bauhinia forficata*. (n=10).

Os índices de clorofila obtidos nas plantas de *Acacia auriculiformis* aumentaram em cerca de 20 a 40% nos pátios analisados.

Nota-se também que as plantas de *Corymbia toleriana* e *Corymbia citriodora* possuem um bom mecanismo de tolerância ao ambiente industrial causado pelos particulados advindos do carvão e do minério, pois seus índices de clorofila aumentaram em cerca de 15% em ambos os locais em *C. toleriana* e 2,5% em *C. citriodora*. O comportamento destas duas espécies face ao acúmulo de resíduos na superfície foliar foi de plantas bem tolerantes ao



sombreamento (MERCÊS et al., 2013). Portanto, o gênero *Corymbia* se destaca para ser utilizado para compor um cinturão verde como quebra vento.

Tabela 5 – Porcentagem do Índice de clorofila (unid. SPAD) obtidos em folhas de plantas cultivadas na Fazenda de Jucuruaba (controle = 100%) comparado com o índice das plantas cultivadas no Pátio de Estocagem de Carvão (carvão) e no Pátio de Estocagem de Minério (minério). (n=10)

	Contr.	mai/13		ago/13		mai/14		ago/14	
		Carvão	Minério	Carvão	Minério	Carvão	Minério	Carvão	Minério
AA	100	-11,85	7,34	10,97	12,36	39,07	33,99	19,88	23,06
AM	100	-72,70	-72,35	-58,95	-81,17	-27,91	-67,23	-62,31	-47,79
AR	100	26,37	-4,10	-5,30	-7,92	3,54	-7,09	14,73	-6,28
EC	100	3,65	0,70	-1,11	-24,11	8,14	12,36	-1,49	22,79
ET	100	12,23	21,37	-15,30	-10,70	27,38	20,36	33,42	29,02
FE	100	-25,64	-2,29	-42,39	-30,25	-20,09	-35,85	-	-
IR	100	-4,74	-14,02	-12,76	-8,50	-6,22	7,90	-32,18	-5,81
PV	100	-26,10	-48,73	-3,19	-16,12	-17,37	-59,36	-5,83	-

Chapman et al. (2013) chamam a atenção sobre uma espécie muito comum em regiões da Escócia, onde a acidez do solo alcança pH de 3,0, que possui relativa tolerância a concentrações elevadas de metais (Zn e Pb), porém alteram a biossíntese de clorofila e outros parâmetros fisiológicos como o conteúdo de ácidos orgânicos (cítrico e málico), ácido abscísico (ABA) e o potencial da água. Neste estudo, a primeira avaliação do conteúdo de elementos minerais nas folhas revelou elevada concentração de Zn e Fe, dois micronutrientes que podem provocar alterações fisiológicas tais como aquelas observadas no conteúdo de clorofila das espécies *Acácia mangium*, *Senna macranthera*, e *Bauhinia forficata* cujo índice diminuiu 67, 17 e 31%, respectivamente no pátio de estocagem de minério e 55, 22 e 13% no pátio de estocagem de carvão.

6.2. Cinética da Emissão da Fluorescência da Clorofila a

A emissão da fluorescência da clorofila a foi estimada nas mesmas folhas onde foram analisados os teores de clorofila total, utilizando-se um fluorômetro portátil (HandyPEA, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK). Todas as leituras



foram realizadas após a aclimatização das amostras em escuro por, no mínimo, 45 minutos. As medidas de fluorescência transiente foram obtidas até 1 s com taxa de aquisição de dados de 105 pontos por segundo para os primeiros 2 μ s, e de 1000 pontos por segundo depois de 2 ms. A emissão de fluorescência da clorofila foi induzida em uma área de 4 mm de diâmetro da folha, pela exposição da amostra a um pico de luz vermelha de 3.000 μ mol m⁻² s⁻¹. As intensidades de fluorescência a 20, 100, 300 μ s e 2 e 30 ms foram registradas como F1, F2, F3, F4 e F5 respectivamente (STRASSER e STRASSER, 1995). A fluorescência inicial (F₀) foi considerada como sendo o nível de fluorescência no tempo de 20 μ s, sendo que F₀ é a intensidade de fluorescência em que todos os centros de reação do Fotossistema 2 (FS II) estão abertos. A intensidade de fluorescência máxima (F_M) que é obtida quando os centros de reação do FS II estão fechados, também foi determinada após o pulso saturante. Foi medido também o tempo para atingir a fluorescência máxima (tF_M) e a área acima da curva de fluorescência entre F₀ e F_M, que é proporcional ao tamanho do pool de aceptores de elétrons, Quinona A (Q_A), do lado redutor do FS II. Obtidas as intensidades de fluorescência, foram calculados os parâmetros estabelecidos pelo teste JIP, baseados na Teoria de Fluxo de Energia em Biomembranas (STRASSER, 2004) e escolhidos para demonstrar o transporte de elétrons na etapa fotoquímica da fotossíntese conforme Strasser et al. (2010).

A ação negativa dos poluentes ambientais sobre a fotossíntese tem sido discutida a bastante tempo (Lighty et al., 2000; Solomon and Sioutas, 2008; Daresta et al., 2015). Principalmente, os efeitos negativos que a camada de poluentes depositados sobre as folhas exerce na biossíntese de pigmentos fotossintéticos, nas trocas gasosas, na absorção da luz pelos fotossistemas alterando a atividade enzimática, isto é, comprometendo os processos fotoquímicos e bioquímicos da fotossíntese.

A curva de indução de fluorescência da clorofila a mostra um aumento inicial rápido na etapa O-P, que pode variar de um a vários segundos, dependendo da intensidade da luz actínica, e uma subsequente redução dos fotossistemas (FS). Sob alta intensidade de luz actínica contínua (acima de 200 W/m²) o aumento da fluorescência apresenta geralmente as etapas J (a 2 ms) e I (a



cerca de 20-30 ms) entre o ponto O inicial (F_0) e o ponto máximo P (F_M), desenhando uma curva O-J-I-P (Strasser et. al., 2004).

Na figura 6 são apresentadas, como exemplos bem representativos, as curvas OJIP obtidas nas plantas de duas espécies da Mata Atlântica, avaliadas neste projeto: *Senna macranthera* e *Bauhinia forficata*. Após dupla normalização obteve-se as curvas das diferenças cinéticas entre os dois locais de estocagem e as plantas tomadas como controle, na Fazenda de Jucucuaba. Essas diferenças demonstram bom aproveitamento da energia radiante quando negativas, porém, quando positivas, demonstram uma ineficiência do aparato fotossintético na captura e aproveitamento da energia radiante. Este dano pode ser causado por fotoinibição ou por outros fatores de estresse, tais como altas temperaturas, estresse hídrico ou toxicidade de elementos minerais (Mancilla-Leytón et al., 2013; Xiang et al., 2013).

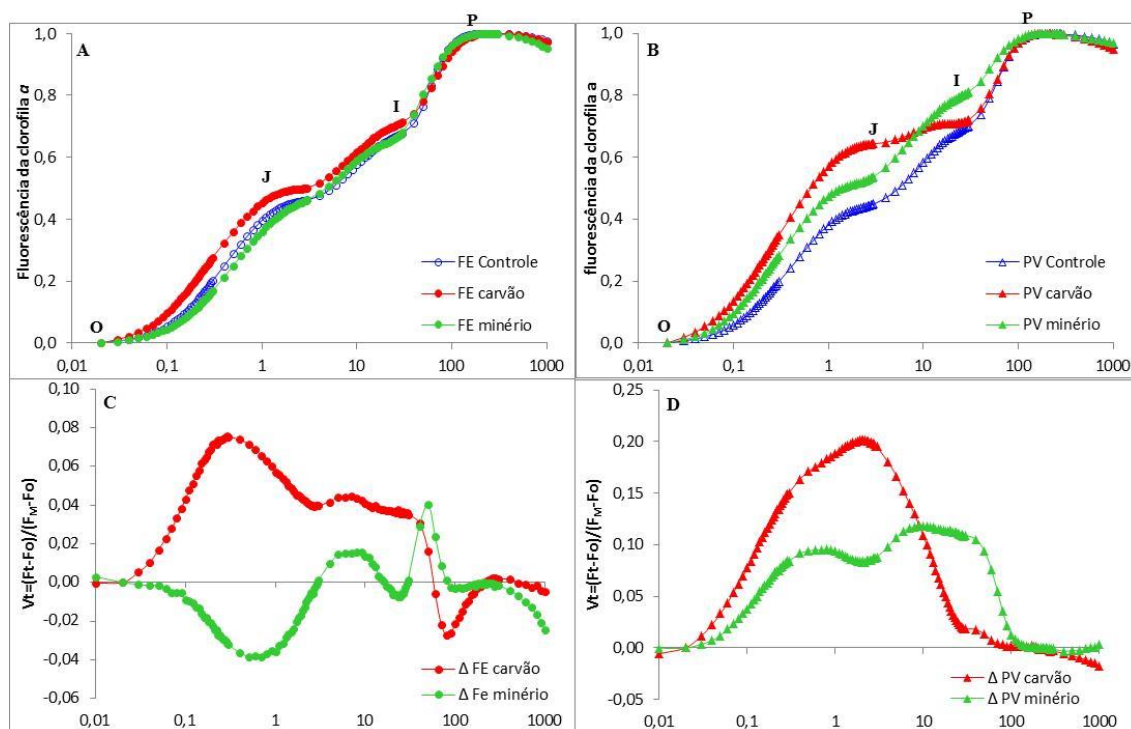


Figura 5 - Cinética da fluorescência da clorofila a O-J-I-P obtidas pela equação $[V_t = (F_t - F_0) / (F_M - F_0)]$ e diferença cinética (ΔVt) de folhas totalmente expandidas de plantas cultivadas na Fazenda de Jucuruaba (controle), no Pátio de Estocagem de Carvão (carvão) e no Pátio de Estocagem de Minério (minério). A média do controle de cada espécie foi utilizada para normalizar as curvas. O tempo de um segundo está representado em escala logarítmica (ms). (FE) *Senna macranthera*; (PV) *Bauhinia forficata*. (n=20)



A curva negativa encontrada nas plantas de *Senna macranthera* crescendo próximo ao pátio de estocagem de carvão na etapa O-J demonstra que a energia radiante está sendo capturada pelos centros de reação do FSII e conduzida para além da quinona A reduzida (Q_A^-) até os aceptores de elétrons do intersistema. Porém, a curva positiva no passo I-P, ainda no pátio de carvão, chama a atenção para uma deficiência relacionada a transferência de elétrons da Ferredoxina até os aceptores finais de elétrons do Fotossistema I (FSI) (CHEN et. al., 2012).

Em *Bauhinia forficata*, foram observadas curvas positivas entre as etapas O-J e J-I. Estes passos referem-se a rápida acumulação de Q_A^- que ocorre pela interrupção do fluxo de elétrons até Q_A (oxidada), fase J, o que impede a transferência de elétrons para o intersistema e, conseqüentemente, para o FSI (fase I).

Ao longo dos dois anos, pôde-se observar as variações e tendências de maior ou menor sensibilidade à presença de particulados nos ambientes de pátio de carvão e minério. A variação dos transientes OJIP evidenciou as diferenças de sensibilidade entre as espécies florestais avaliadas.

A representação das curvas OJIP demonstra claramente o quanto esses resíduos afetaram o processo de absorção e aproveitamento da energia luminosa em cada uma das oito espécies analisadas (**Figura 6**).

Somente em *Acacia auriculiformis* houve diferenças negativas na fluorescência variável relativa (ΔV_{OP}) enquanto que em todas as outras espécies avaliadas ΔV_{OP} apresentou-se positiva evidenciando forte inibição na transferência de elétrons excitados para os receptores finais de elétrons no FSI.

A fluorescência rápida da clorofila a é rica em informações e pode ser utilizada para obter muitos parâmetros do chamado teste JIP, que podem ser utilizados para quantificar o comportamento/atividade dos FSII e FSI (STRASSER et al, 2004; TSIMILLI-MICHAEL e STRASSER, 2013).

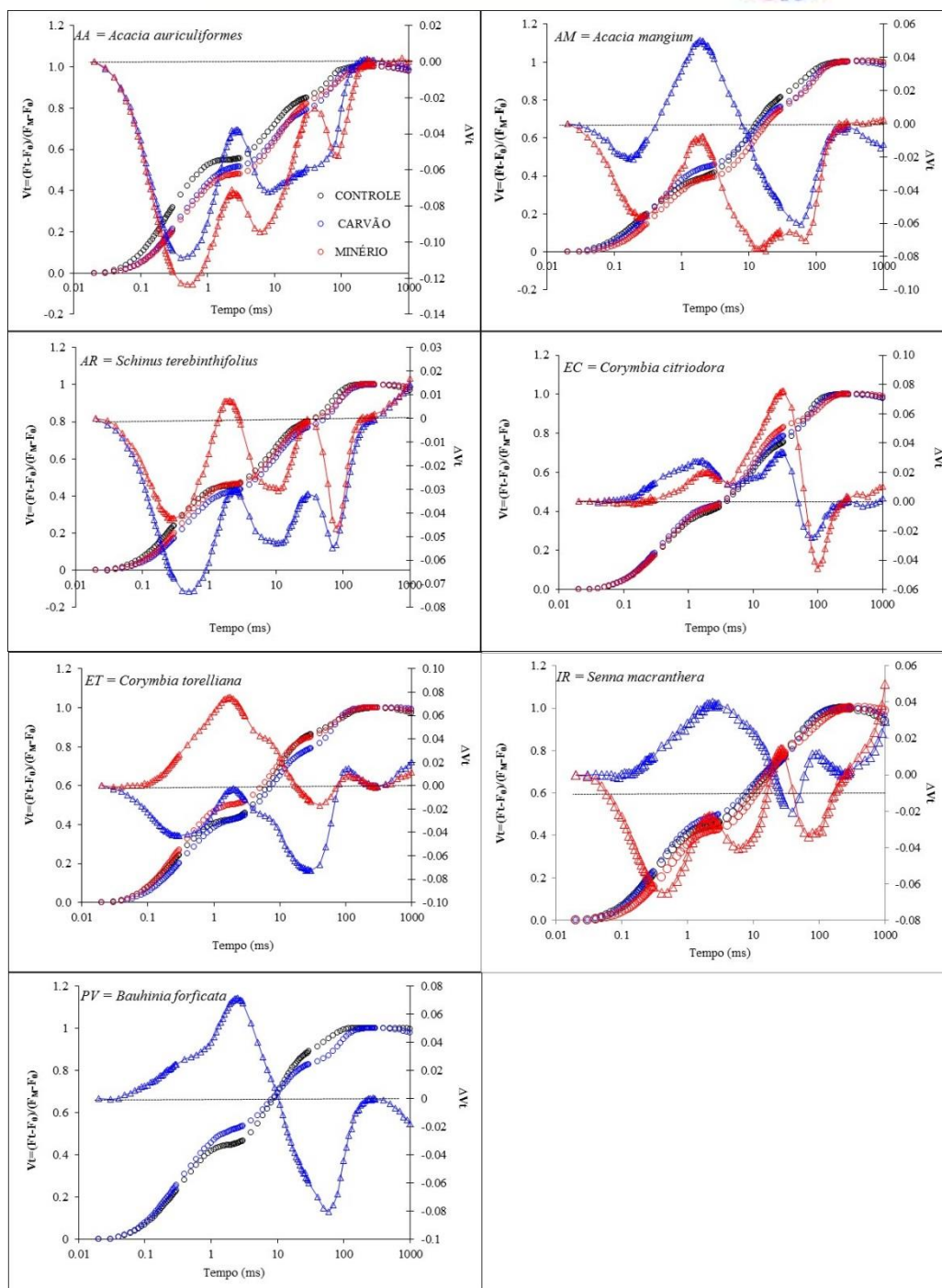


Figura 6 - Fluorescência variável relativa obtida como $V_{OP} = [F_t - F_0] / [F_M - F_0]$ e a diferença cinética da fluorescência variável obtida como $\Delta V_{OP} = V_{OP[\text{pátio}]} - V_{OP[\text{referência}]}$ das folhas jovens, totalmente expandidas, de plantas cultivadas na Fazenda de Jucuruaba (controle), no Pátio de Estocagem de Carvão (carvão) e no Pátio de Estocagem de Minério (minério). Dados normalizados tomando-se o controle como referência (= 1). O tempo de um segundo está representado em escala logarítmica (ms). (n=10)



É bem conhecido (LICHTENTHALER 1987) que, em condições de estresse de luz, por exemplo, as plantas têm geralmente menores dimensões da antena do FSII. Por outro lado, em condições de pouca luz, em um ambiente sombreado, as plantas têm maior tamanho da antena do FSII.

Nesse ponto os resultados confirmam aqueles encontrados por Zivcak et al. (2014) que observaram alterações na quantidade de proteínas das antenas periféricas do FSII (as principais proteínas das antenas periféricas) em resposta às condições de baixa luminosidade. A **Figura 7** representa a área acima da curva OJIP, que demonstra a efetividade na absorção da energia luminosa (TSIMILLI-MICHAEL e STRASSER, 2008) e o desempenho total efetivo das reações de óxido-redução no instante das medidas (PI_{inst}).

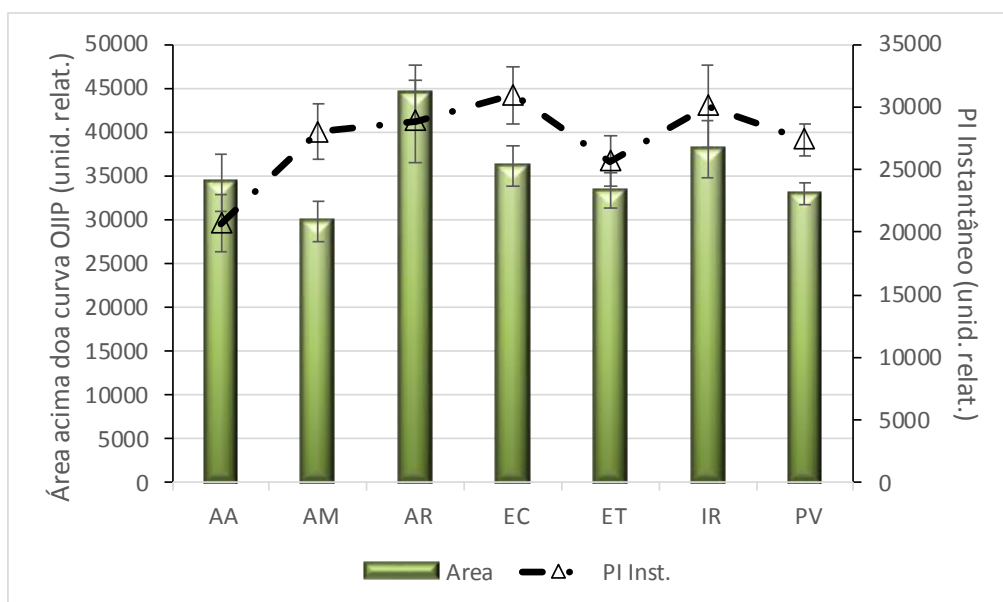


Figura 7 – Parâmetros do teste JIP representando a efetividade na absorção da energia luminosa (área da curva OJIP) e o desempenho total efetivo das reações de óxido-redução no instante das medidas (PI_{inst}) das folhas jovens, totalmente expandidas, de plantas cultivadas na Fazenda de Jucuruaba (controle), no Pátio de Estocagem de Carvão (carvão) e no Pátio de Estocagem de Minério (minério). (AA) *Acácia auriculiformis*; (AM) *Acácia mangium*; (AR) *Schinus terebinthifolius*; (EC) *Corymbia citriodora*; (ET) *Corymbia torelliana*; (IR) *Handroanthus heptaphyllus*; (FE) *Senna macranthera*; (PV) *Bauhinia forficata*. (n=50).

É fato bem comprovado que na fotossíntese, os pigmentos localizados nos cloroplastos da folha absorvem a radiação solar e, através da transferência



energética, à excitação resultante é canalizada para os centros de reação. Estes, então ativados, liberam os elétrons para iniciar o processo fotoquímico (HALLIK et al., 2012). As plantas *Corymbia toleriana* e *C. citriodora* apresentaram os maiores índices de clorofila quando comparadas com as plantas das outras espécies deste trabalho e, realmente as plantas das outras espécies tanto no pátio de carvão quanto no pátio de minério foram as que apresentaram melhor desempenho do FSII e do FSI. Porém esses teores de clorofila na planta não podem ser relacionados ao seu desempenho fotoquímico uma vez que, o tamanho da antena (ABS/RC) é uma determinante mais importante da intensidade de fluorescência máxima do que o conteúdo clorofila na folha (DINÇ et al., 2012).

Somam-se a esses resultados os valores de F_0 . A fluorescência inicial é considerada como referência para a distribuição inicial de energia e a eficiência de excitação capturada no FSII. O valor de F_0 aumenta quando o número de clorofilas funcionais, não ligadas aos RCs do FSII, aumenta. Assim, um aumento da F_0 pode ser interpretado como uma separação física do núcleo dos complexos coletores de luz (LHCII) do FSII gerando um dano irreversível ao FSII (ČAJÁNEK et al., 1998).

7. FERTILIDADE DE SOLOS E SUA INFLUENCIA NAS ESPÉCIES VEGETAIS NOS AMBIENTES DA MATA ATLÂNTICA E NO CINTURÃO VERDE NO AMBIENTE INDUSTRIAL

Os avanços científicos e tecnológicos obtidos nos estudos da fertilidade de solos são notáveis, principalmente pelos resultados obtidos nos ambientes industriais comparados com os do ambiente na Mata Atlântica.

7.1. Análises Físicas do Solo

As análises físicas foram realizadas no laboratório de análise química e física de solos do Incaper, sendo as amostras coletadas no momento da implantação do experimento, caracterizando fisicamente sua composição quanto a classificação textural e seus teores de areia, silte e argila, conforme mostrado na **Tabela 6**.

Tabela 6. Resultado de análise granulométrica e classificação textural dos na implantação do experimento.

Área Experimental	Areia				Classificação Textural
	Fina	Grossa	Silte	Argila	
g/kg					
Fazenda Eng. Reginaldo Conde	19	13.2	353.8	614	Muito argilosa
Pátio de Carvão	241	172.4	152.4	434	Argilosa
Pátio de Minério	349	224.8	121.4	304	Franco-argiloarenosa

7.2. Análises Químicas de Nutrientes e Metais Pesados

As análises de solos foram realizadas para fins de recomendação de adubação e monitoramento dos nutrientes e minerais. O procedimento de amostragem foi realizado de acordo com o Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do espírito Santo (5^o aproximação). Foram realizadas amostragens de solos em duas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm nos 3 ambientes (áreas experimentais).

As análises químicas para a detecção de metais pesados foram realizadas para chumbo, cádmio, níquel e cromo que estão presentes nas atividades industriais da ArcelorMittal Tubarão e poderiam ser detectados no solo. De acordo com o resultado do monitoramento químico, não foi observado a presença de nenhum metal pesado nas áreas experimentais durante todo o período de condução dos experimentos.

Os resultados das análises químicos dos solos são apresentados na Tabela 7 para a acidez (pH), Fósforo(P), Potássio (K), Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio Trocável (Al), Matéria Orgânica(M.O), Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (t), Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (T), Soma de Bases (SB), Saturação de Bases (V) e saturação de alumínio (m) para as camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm, na fase de plantio e 30 meses, pós plantio, nos ambientes industriais do pátio de carvão e minério, e ambiente da Mata Atlântica na fazenda Eng. Reginaldo Conde.



7.3. Acidez pH), saturação de Bases (V), Capacidade de Troca Cationica efetiva (t), Capacidade de Troca Cationica a pH 7,0 (T) e Alumínio Trocável (Al)

A acidez do solo é considerada um indicador da fertilidade atual do solo, não apenas por influenciar na solubilidade e disponibilidade dos nutrientes, mas também por determinar a forma química que os nutrientes e o alumínio se encontram no solo. Em solos ácidos o alumínio predominante é Al^{+++} na forma tóxica, ocasionando danos às raízes, reduzindo seu crescimento e impedindo a formação dos pêlos radiculares que absorvem água e nutrientes.

A faixa de acidez recomendada para a maioria dos cultivos agrícolas e florestais é de 5,5 a 6,5.

7.3.1. A acidez do solo (pH)

A acidez do solo observada na Fazenda Eng^o Reginaldo Conde foi de pH 4,8 na implantação do experimento mostrando uma acidez média que está dentro do esperado para a região onde predominam solos intemperados e ácidos característicos dos solos da região do Bioma Mata Atlântica. Entretanto o valor do pH apresentou uma alteração após os 30 meses de cultivo, promovido pela correção da acidez com a aplicação de calcário dolomítico, passando de 4,8 para 5,1 configurando uma pequena alteração na escala de pH.

As áreas do pátio de estocagem de carvão e de minério, apresentaram valores de pH variando de 7,5 a 7,4, respectivamente, nas profundidades de 0-20 cm e 20 – 40 cm no plantio e de 7,2 e 7,9 nas camadas de 0 – 20 cm e 20 – 40, respectivamente, no período de 30 meses pós plantio.

No pátio minério foram verificados valores de pH de 8,0 e 8,4 respectivamente nas profundidades de 0-20 cm e 20 – 40 cm no plantio e 30 meses pós plantio, classificando o solo como básico.

Nos taludes localizados nas áreas industriais 2 e 3 o pH ficou acima de 7, classificado como básico.

Nessas condições de pH básico não foram observadas a presença do Al^{+++} nas áreas 2 e 3, ao contrário da área 1 que foi verificada a presença do Al^{+++}



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria de Agricultura,
Abastecimento, Aquicultura e Pesca



+++que pode interferir, de forma negativa, no crescimento do sistema radicular das espécies cultivadas. (Figura 1).

Tabela 7. Resultados das análises químicas dos solos para acidez em pH, Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio Trocável (Al), Matéria Orgânica (M.O), Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (t), Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (T), Soma de Bases (SB), Saturação de Bases (V) e saturação de alumínio (m) para as camadas 0 a 20 e 20 a 40 centímetros, na fase de plantio e 30 meses, pós plantio, nos ambientes industriais do pátio de carvão e minério, e ambiente da Mata Atlântica na fazenda Eng. Reginaldo Conde.

Área Experimental	Período	Profundidade (cm)	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	M.O.	t (CTC efetiva)	T(CTC a pH 7,0)	SB	V	m
				mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³				g kg ⁻¹	comlc dm ⁻³	%				
Fazenda Eng. Reginaldo Conde	Plantio	0-20	4.8	25	67	16	1.4	0.4	2.1	2.6	4.1	10.4	2	19	51
		20-40	4.9	26	60	17	1.1	0.3	2.2	2.2	3.8	10.9	1.7	15	58
Pátio de Carvão	30 meses após plantio	0-20	5.1	30	390	26	3	0.7	0.4	2.8	5.2	10	4.8	48.1	8
		20-40	5.1	16	35	34	2.5	0.5	0.4	2.1	3.6	9.6	3.2	33.6	11
Pátio de Minério	Plantio	0-20	7.5	22	133	51	5.5	1.3	0	1.4	7.4	8	7.4	92	0
		20-40	7.4	28	219	68	6	1.7	0	1.7	8.5	9.1	8.5	93	0
	30 meses após plantio	0-20	7.2	397	63	107	6.5	1.2	0	2.1	8.3	9.4	8.3	88.3	0
		20-40	7.9	79	110	91	6.1	1	0	3.1	7.8	8.8	7.8	88.6	0
Pátio de Minério	Plantio	0-20	8	5	133	37	9	0.6	0	1.7	10	10.6	10	94	0
		20-40	8	13	121	37	8.3	0.7	0	1.4	9.4	10	9.4	94	0
	30 meses após plantio	0-20	8.4	23	40	72	6.3	1.6	0	2.6	8.3	8.9	8.3	93.3	0
		20-40	8.4	2	56	51	6.5	1	0	2.4	7.9	8.6	7.9	91.8	0

É importante destacar as diferenças na dinâmica e disponibilidade de nutrientes em função da acidez do solo, e dessa forma, verifica-se que, a grande diferença nas áreas experimentais está nas características químicas dos solos, em que na área 1 predominam solos com características ácidas ou seja, pH inferior a 7,0 e com presença do Al^{+++} .

7.3.2. Saturação de Bases (V%)

A saturação de bases (V%) indica a quantidade total de cargas negativas no sistema de trocas do solo ocupadas pelas bases K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , e está diretamente relacionada com a acidez do solo. Solos ácidos estão associados normalmente às baixas saturações de bases, enquanto que para os solos classificados como básicos os valores de saturação de bases aumentam consideravelmente.

A necessidade de calagem em solos ácidos tem o objetivo de corrigir a acidez para a faixa considerada recomendada de 6,0 a 6,5, para a maioria dos cultivos agrícolas e florestais.

É importante destacar que a correção da acidez do solo com a aplicação de calcário foi suficiente para promover a elevação no valor da saturação de base (V%) na de Jucuruaba, passando de 19 para 48,1 % com aumento superior a 100%, tanto na profundidade de 0 a 20 quanto a de 20 a 40 cm (Tabela 2). Esses resultados corroboram com a importância da correção da acidez do solo e sua influência na disponibilidade dos nutrientes conforme mostrado na Figura 1. É importante destacar a saturação de bases após 30 meses de cultivo ficou próximo do valor recomendado para os cultivos agrícolas e florestais que está em torno de 60%.

Os valores de V (%) em Jucuraba, para as duas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, no plantio e 30 meses pós plantio, ficaram abaixo do valor recomendado para a maioria das culturas agrícolas e florestais que é de 60% para o ES. Embora tenha sido observado baixo valor no plantio com 19 e 15%, respectivamente, para

as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm após a calagem esses valores passaram, respectivamente, para 48,1 e 33,6% após 30 meses de cultivo.

Nas áreas industriais, respectivamente, pátio de carvão e pátio de minério, os valores observados ficaram acima de 60%, ou seja, 92 e 88,3% nas profundidades de 0-20 cm no plantio e 30 meses pós plantio e de 94 para 93,3% nas profundidades de 20- 40 cm após o período de 30 meses pós plantio. A elevada saturação de bases é um dos fatores que pode contribuir para a disponibilidade dos nutrientes para as plantas e nesse contexto as áreas 2 e 3 apresentam condições mais favoráveis quando comparadas com a área 1, no ambiente mata atlântica, na Fazenda Reginaldo Conde.

7.3.3. CTC

A capacidade de troca catiônica – CTC é uma das características mais importantes para a avaliação do potencial de troca de cargas e disponibilidade de nutrientes, por indicar a quantidade total de cargas negativas para o processo de troca catiônica.

A capacidade de troca catiônica efetiva (t) é o valor de cargas negativas que o solo apresenta nas condições naturais, sem a correção do pH (acidez). Dessa forma, a relação entre CTC efetiva e a CTC a pH 7,0 é influenciada pela faixa de pH do solo.

A capacidade de troca catiônica CTC a pH 7,0 na área 1- Fazenda Reginaldo Conde foi de 10,4 e 10,9 cmolc.dm^{-3} , respectivamente nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Esses valores são considerados altos para CTC, indicando uma alta capacidade de troca de cátions no solo o que significa uma maior capacidade de reter e disponibilizar nutrientes para as plantas.

Na área 3 – Pátio de Minério o valor para a CTC na área do pátio de Minério na camada de 0 a 20 cm foi classificado como alto sendo considerado como alta capacidade de troca de cátions e alta retenção e disponibilidade de nutrientes no solo.

Esses resultados indicam que tanto para o ambiente Mata Atlântica quanto para o do Pátio Minério foram considerados altos e semelhantes. Quanto maior a CTC do

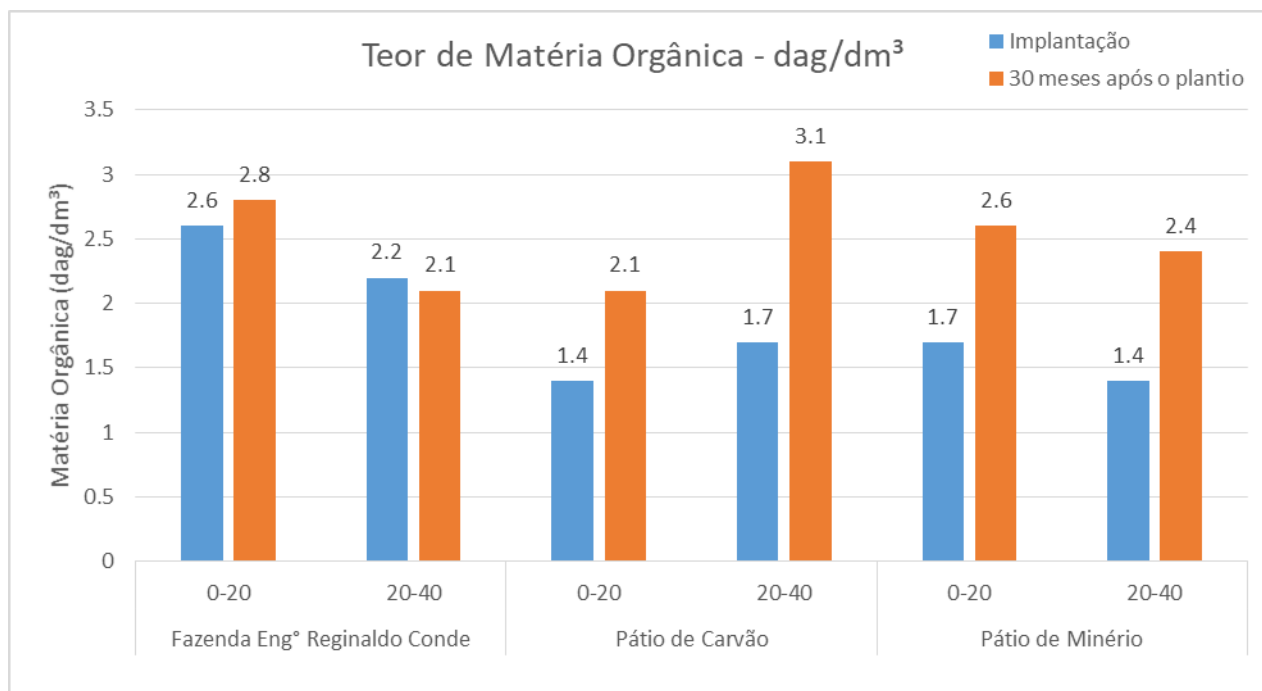


solo melhor capacidade de retenção e troca de nutrientes e disponibilidade para as plantas.

7.3.4. Matéria orgânica (M.O.)

A matéria orgânica do solo é constituída basicamente pelos elementos C, H, O, N, S e P, oriundos de resíduos vegetais (folhas, tronco, frutos, flores, raízes), micro-organismos, exsudados de raízes e outros tipos de materiais orgânicos em decomposição.

O teor de matéria orgânica é um excelente indicador do potencial produtivo e de avaliação da qualidade do solo, pois a sua interação com o solo influencia na retenção e infiltração de água, porosidade, formação dos agregados, densidade do solo, pH, capacidade tampão, CTC efetiva e a pH 7,0, atividade microbiana, entre outros (Tonny, 2015 EMBRAPA, ACERTAR CITAÇÃO E REFERÊNCIA).



A matéria orgânica no solo na área 1- Faz. Eng. Reginaldo Conde não sofreu alterações expressivas para ambas profundidades estudadas, com valores de 2,6



dag.dm-3 para 2,8 dag.dm-3, nas profundidades de 0 a 20 cm no plantio e 30 meses pós plantio (Tabela 2).

Nas áreas experimentais 2 e 3, nos ambientes industriais, observou-se uma elevação nos teores de MO considerados inicialmente baixos na implantação do projeto 1,4 e 1,7 dag.dm-3na camada de 0 a 20 cm no Pátio de Carvão e Pátio de Minério para 2,1 e 2,6 dag.dm-3no período de 30 meses pós cultivo. Essa mesma tendência foi observada também para a profundidade de 20 a 40 cm com os valores de 1,7 e 1,4 dag.dm-3na implantação para 3,1 e 2,4 dag.dm-330 dias de pós-cultivo, respectivamente para os Pátios de Carvão e de Minério.

7.4. ANÁLISE DOS MACRONUTRIENTES NO SOLO

Os resultados das análises químicas para os macronutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) para as profundidades de 0-20 e 20-40 centímetros nos três ambientes, Mata Atlântica (Fazenda Eng. Reginaldo Conde) e ambientes industriais (Pátio de Carvão e Pátio de Minério) são apresentados na **Tabela 8**.

Tabela 8. Teores de macronutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) para as profundidades de 0-20 e 20-40 centímetros nos três ambientes, Mata Atlântica (Fazenda Eng. Reginaldo Conde) e ambientes industriais (Pátio de Carvão e Pátio de Minério).

Área Experimental	Período	Profundidade (cm)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
			mg/dm ³		cmolc/dm ³	
Fazenda Eng ^o Reginaldo Conde	Plantio	0-20	25	67	1.4	0.4
		20-40	26	60	1.1	0.3
Reginaldo Conde	30 meses após plantio	0-20	30	390	3	0.7
		20-40	16	35	2.5	0.5
Pátio de Carvão	Plantio	0-20	22	133	5.5	1.3
		20-40	28	219	6	1.7
	30 meses após plantio	0-20	397	63	6.5	1.2
		20-40	79	110	6.1	1
Pátio de Minério	Plantio	0-20	5	133	9	0.6
		20-40	13	121	8.3	0.7
	30 meses após plantio	0-20	23	40	6.3	1.6
		20-40	2	56	6.5	1

Fósforo (P)

Os resultados da análise química do solo para o fósforo (P) no ambiente Mata Atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde, foram próximos aos observados no pátio de carvão e no ambiente do pátio de minério foram observados menores teores para este elemento.

Esses resultados mostram a diferença dos ambientes e podem ser explicados, provavelmente, em função da construção dos taludes que foram feitos com solo transpostos de locais externos ao ambiente industrial e que apresentam baixo teor de fósforo, como é o caso do solo usado no pátio de minério.

No período de 30 meses após o plantio, constatou-se o aumento do teor de fósforo (P) nas camadas 0-20 e redução dos teores nas camadas 20-40 centímetros, para os três ambientes estudados.

Os teores de fósforo foram considerados alto, maior que 20 mg/dm³ de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (5ª aproximação).

Cálcio (Ca)

Os resultados da análise química do solo para o cálcio (Ca), foram maiores nos ambientes industriais em função da correção da acidez, quando comparado com o ambiente da Mata Atlântica que apresentam solos com características ácidas.

Os teores de cálcio foram classificados como médio no ambiente mata atlântica e alto nos ambientes industriais do pátio de carvão e minério.

Potássio (K)

Os resultados da análise química do solo para o Potássio (K) foram maiores nos ambientes industriais quando comparado com os solos do ambiente da Mata Atlântica.

Os resultados foram classificados como altos no ambiente da mata atlântica, maior que 150 mg/dm³ e médios nos ambientes industriais, entre 60 e 150 mg/dm³.

O maior teor observado no ambiente mata atlântica está em função das características naturais deste solo, enquanto que nos ambientes do pátio de carvão e pátio de minério, os solos foram transpostos para a construção dos taludes.

Magnésio (Mg)

Os resultados da análise química do solo para o Magnésio (Mg), mostraram valores superiores nos ambientes industriais.

Para o ambiente da mata atlântica os valores são classificados como baixo a médio (0,5 a 1,0 cmol_d/ dm³), enquanto que os valores observados para os ambientes industriais são classificados como médio a alto (> 1,0 cmol_d/ dm³).

ANÁLISE DOS MICRONUTRIENTES NO SOLO

Os resultados das análises químicas para os micronutrientes boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn), para as profundidades de 0-20 e 20-40 centímetros nos três ambientes, Mata Atlântica (Fazenda Eng. Reginaldo Conde) e ambientes industriais (Pátio de Carvão e Pátio de Minério) são apresentados na

Tabela 9.

Tabela 9. Teores de micronutrientes boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn), para as profundidades de 0-20 e 20-40 centímetros nos três ambientes, Mata Atlântica (Fazenda Eng. Reginaldo Conde) e ambientes industriais (Pátio de Carvão e Pátio de Minério).

Área Experimental	Período	Profundidade (cm)	B	Zn	Cu	Fe	Mn
			mg/dm ³				
Fazenda Eng ^e Reginaldo Conde	Plantio	0-20	0.11	1.6	3.4	147	15
		20-40	0.2	1.4	3.2	122	8.8
	30 meses após plantio	0-20	0.63	1.8	2.8	158	52
		20-40	0.6	1.1	2.2	149	21
Pátio de Carvão	Plantio	0-20	0.22	7.3	1.2	464	142
		20-40	0.41	10	1.3	454	168
	30 meses após plantio	0-20	0.63	8.3	1.2	413	308
		20-40	0.31	8.9	0.9	243	205
Pátio de Minério	Plantio	0-20	0.47	11	0.7	263	227
		20-40	0.31	10	1.1	356	189
	30 meses após plantio	0-20	0.93	5.7	0.2	38	216
		20-40	0.35	3.9	0.2	22	77

Boro (B)

Os resultados da análise química do solo para o boro foram classificados como médio, variando entre 0,35 e 0,90 mg/dm³ para os três ambientes, mata atlântica e pátios industriais de carvão e minério, conforme o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (5^a aproximação).

Zinco (Zn)

Os resultados da análise química do solo para o zinco o foram classificados alto, (> 2,2 mg/dm³) para os ambientes industriais de carvão e minério, e classificado como médio (variando entre 1,0 a 2,2 mg/dm³) no ambiente da mata atlântica, conforme o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (5^a aproximação).

Cobre (Cu)

Os resultados da análise química do solo para o cobre foram classificados como alto, (> 1,8 mg/dm³) para o ambiente mata atlântica e médio (variando entre (0,8 a 1,8 mg/dm³) para os ambientes industriais dos pátios de carvão e minério, conforme o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (5^a aproximação).

Ferro (Fe)

Os resultados da análise química do solo para o ferro foram classificados como alto, ($>45 \text{ mg/dm}^3$) para os três ambientes, mata atlântica e ambiente industrial do pátio de carvão, e classificado como médio (variando entre 20 e 45 mg/dm^3) aos 30 meses após o plantio no ambiente pátio de minério aos 30 conforme o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (5ª aproximação).

Manganês (Mn)

Os resultados da análise química do solo para o manganês o foram classificados como alto, ($>12 \text{ mg/dm}^3$) para os três ambientes, mata atlântica e pátios industriais de carvão e minério, conforme o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (5ª aproximação).

8. DIAGNOSE FOLIAR E NUTRIÇÃO DE PLANTAS E SUA INFLUENCIA NAS ESPÉCIES VGETAIS NOS AMBIENTES DA MATA ATLÂNTICA E NO CINTURÃO VERDE NO AMBIENTE INDUSTRIAL

A diagnose foliar e a nutrição de plantas se caracterizam por utilizarem a própria planta como extrator do nutriente no solo e representa, em tempo real, o diagnóstico do estado nutricional de plantas e sua relação com a disponibilidade de nutrientes e sua absorção pelas plantas, avaliando, de forma indireta, a disponibilidade de nutrientes no solo.

8.1. Diagnose foliar e nutrição de plantas

A diagnose foliar vem se destacando no diagnóstico do estado nutricional e nas recomendações de adubação (COSTA, 1996) por considerar a relação e interação existente entre o teor do nutriente e os fatores que afetam a disponibilidade do nutriente no solo e a sua absorção pelas plantas (MUNSON; NELSON, 1973).

8.2. Nutrição mineral de plantas

A nutrição mineral é um dos principais fatores o desenvolvimento, produtividade, qualidade e longevidade da planta. A importância da nutrição mineral no aumento da produtividade é citada como o principal fator de produção (LIEBIG, 1873 citado por MARSCHNER, 1995).

Os nutrientes exercem funções específicas e essenciais no metabolismo vegetal e dentre os mais de 100 elementos existentes na natureza, apenas 11 são considerados essenciais para as plantas. Os elementos essenciais são denominados de nutrientes e são classificados em macronutrientes e micronutrientes em função da maior ou menor quantidade requerida para satisfazer as necessidades nutricionais e os critérios de essencialidade.

Outra classificação é feita com base nas propriedades físico-químicas, dividindo-os em metais (potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre, molibdênio e níquel) e não metais (nitrogênio, enxofre, fósforo, boro e cloro).

A maneira simples e prática para determinar a disponibilidade do nutriente no solo é por meio da análise química do solo e da análise foliar, para identificar a disponibilidade do nutriente e sua absorção pelas plantas. A existência de nutrientes no solo, mesmo que supostamente em quantidades consideradas adequadas, não garante o suprimento às plantas, em razão da influência de vários fatores no processo de absorção. Assim, a avaliação direta do estado nutricional de plantas é uma necessidade na agricultura (COSTA, 1995).

Os estudos com a diagnose foliar utilizam amostragens foliares com procedimentos para análises que seguem metodologias padronizadas (Embrapa, 1997), que iniciam com a lavagem das folhas para retirar os particulados presentes na superfície foliar.

As pesquisas no cinturão verde para avaliação de espécies agrônômicas e florestais foram realizadas em três ambientes sendo um na Mata Atlântica como unidade de referência sem interferência antrópica e industrial e os outros dois foram desenvolvidos em ambientes industriais no pátio de carvão e no pátio de minério com o objetivo de promover uma análise comparativa do comportamento e adaptação das espécies para uso como quebra ventos.

Nas pesquisas realizadas no cinturão verde foram utilizados 2 procedimentos para as análises foliares sendo um com a lavagem padrão das folhas para evitar a contaminação ou interferência de minerais presentes na superfície e outro sem a lavagem das folhas para verificar a interferência dos particulados presentes na superfície foliar nos três ambientes.

8.3 RESULTADOS DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NAS FOLHAS

Nitrogênio (N)

Os resultados das análises do teor de nitrogênio (N) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 10**.

O teor foliar de N nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 1,56 a 3,81 dag/Kg e foram considerados os maiores valores quando comparados com os verificados nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 1,55 a 3,02 dag/Kg e no pátio de Minério que variou de 1,74 a 3,13 dag/Kg.

Os teores de N no ambiente da Mata Atlântica foram superiores aos observados foi considerado adequado e dentro da faixa recomendada para o cultivo de espécies florestais no estado do Espírito Santo no manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007).

Tabela 10. Resultados das análises químicas foliares de Nitrogênio (N) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Espécie	Teor foliar de Nitrogênio (N)			
	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	38.1	20.4	37.4
	Não lavada	43.8	23.8	45.1
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	24.1	29.4	21.9
	Não lavada	36.6	34.4	31.2
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	23.3	27.5	31.3
	Não lavada	30.9	32.2	41.7
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	17.9	15.5	26.4
	Não lavada	20.3	18.1	31.2
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	17.2	21	17.4
	Não lavada	25.6	24.5	22.6
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	27.2	-
	Não lavada	-	31.9	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	15.6	27.2	23.9
	Não lavada	32.6	31.8	31.8
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	22.8	30.2	-
	Não lavada	27.9	35.4	-

Fósforo (P)

Os resultados das análises do teor de fósforo (P) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 11**.

O teor foliar de P nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 1,5 a 8,6 dag/Kg e foram considerados os maiores valores quando comparados com os Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, Vitória-ES, CEP 29052-010 – Telefone (27)3636-9878 CNPJ 27273416/0001-30 – E-mail: diretoria@incaper.es.gov.br – www.incaper.es.gov.br

verificados nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 1,1 a 3,4 dag/Kg e no pátio de Minério que variou de 1,7 a 7,4 dag/Kg.

Os teores de P no ambiente da Mata Atlântica e Pátio de minério foram próximos e considerados acima da faixa recomendada para o cultivo de espécies florestais no estado do Espírito Santo no manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007).

Tabela 11. Resultados das análises químicas foliares de Fósforo (P) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlantica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Espécie	Teor foliar de Fósforo (P)			
	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	8.6	2.6	7.4
	Não lavada	8.2	2.9	9.9
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	1.5	1.2	1.7
	Não lavada	2.2	1.4	3.4
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	1.6	2.1	1.9
	Não lavada	2.7	2.3	3.5
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	2.2	1.1	2.4
	Não lavada	2.1	1.2	3.2
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	1.5	1.5	1.9
	Não lavada	2	1.7	2.7
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	3.4	-
	Não lavada	-	3.8	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	2.4	1.7	2.3
	Não lavada	1.9	1.9	2.6
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	4.1	2.4	-
	Não lavada	2.6	2.6	-

Potássio (K)

Os resultados das análises do teor de potássio (K) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 12**.

O teor foliar de K nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 0,6 a 1,9 dag/Kg, sendo que os maiores valores observados foram nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 0,78 a 2,24 dag/Kg. Para o pátio de Minério que variou de 0,73 a 1,57 dag/Kg.

Os teores de K no ambiente do pátio de carvão foram maiores que no pátio de minério e no ambiente mata atlântica de acordo o manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007).

Tabela 12. Resultados das análises químicas foliares de Potássio (K) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Teor foliar de Potássio (K)				
Espécie	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	18.8	22.4	15.7
	Não lavada	17.5	25	16.7
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	6.3	11.7	15.1
	Não lavada	12.5	13.1	16.7
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	12.5	16.8	11.2
	Não lavada	15.6	18.8	15.6
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	9.4	7.8	14
	Não lavada	8.1	8.8	17.8
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	13.2	13.4	7.3
	Não lavada	16.9	15	9.3
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	18.5	-
	Não lavada	-	20.6	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	14.4	11.2	8.4
	Não lavada	13.1	12.5	12.3
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	6.3	11.7	-
	Não lavada	9.4	13.1	-



Cálcio (Ca)

Os resultados das análises do teor de cálcio (Ca) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 13**.

O teor foliar de K nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 0,83 a 3,31 dag/Kg, sendo que os maiores valores observados foram nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 0,8 a 3,68 dag/Kg. Para o pátio de Minério que variou de 0,86 a 2,74 dag/Kg.

Os teores de K no ambiente do pátio de carvão foram maiores que no pátio de minério e no ambiente mata atlântica de acordo o manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007).

Tabela 13. Resultados das análises químicas foliares de Cálcio (Ca) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Teor foliar de Cálcio (Ca)				
Espécie	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	26.1	19.3	27.4
	Não lavada	27.6	19.5	25.9
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	24.3	12.6	19.1
	Não lavada	13.6	12.7	27.9
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	33.1	27.8	13.5
	Não lavada	19.5	28	17.8
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	11.2	8	19.3
	Não lavada	8.7	8.1	19.2
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	8.3	11.7	8.6
	Não lavada	19.2	11.8	10.1
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	36.8	-
	Não lavada	-	37	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	19.9	34.8	11.6
	Não lavada	25.6	35.1	12.5
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	29.8	13.8	-
	Não lavada	11.7	13.9	-

Magnésio (Mg)

Os resultados das análises do teor de magnésio (Mg) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 14**.

O teor foliar de magnésio nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 0,23 a 1,14 dag/Kg e foram considerados os maiores valores quando comparados com os verificados nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 0,22 a 0,58 dag/Kg e no ambiente do pátio de Minério que variou de 0,23 a 1,04 dag/Kg.

Tabela 14. Resultados das análises químicas foliares de Magnésio (Mg) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Teor foliar de Magnésio (Mg)				
Espécie	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	11.4	5.8	10.4
	Não lavada	10.8	6	3.6
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	3.3	2.4	5.4
	Não lavada	2.7	2.5	7.6
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	6.9	5.6	2.6
	Não lavada	5.6	5.8	2.3
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	2.3	2.2	5.4
	Não lavada	2.4	2.3	5.7
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	2.9	2.4	2.3
	Não lavada	5.6	2.4	2.6
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	2.7	-
	Não lavada	-	2.8	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	3.9	5.8	4
	Não lavada	5.3	6	4.9
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	4.9	3.5	-
	Não lavada	4.1	3.6	-

Enxofre (S)

Os resultados das análises do teor de enxofre (S) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 15**.

O teor foliar de enxofre nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 0,13 a 0,63 dag/Kg e foram considerados os maiores valores quando comparados com

os verificados nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 0,09 a 0,37 dag/Kg e no ambiente do pátio de Minério que variou de 0,09 a 0,28 dag/Kg.

Tabela 15. Resultados das análises químicas foliares de Enxofre (S) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Teor foliar de Enxofre (S)				
Espécie	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	6.3	2.8	2.8
	Não lavada	3.8	3.8	12.3
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	3.9	2.2	1.2
	Não lavada	3.2	2.9	2.2
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	4.5	2.8	2.4
	Não lavada	3	3.6	2.5
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	1.3	0.9	2.3
	Não lavada	1.3	1.2	3.1
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	1.5	1.6	0.9
	Não lavada	1.6	2.1	1.4
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	3.7	-
	Não lavada	-	4.9	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	3.4	2.3	1.5
	Não lavada	2.9	3	3.1
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	2.5	1.7	-
	Não lavada	2	2.2	-

Teor foliar de Magnésio (Mg)

Espécie	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	11.4	5.8	10.4
	Não lavada	10.8	6	3.6
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	3.3	2.4	5.4
	Não lavada	2.7	2.5	7.6
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	6.9	5.6	2.6
	Não lavada	5.6	5.8	2.3
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	2.3	2.2	5.4
	Não lavada	2.4	2.3	5.7
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	2.9	2.4	2.3
	Não lavada	5.6	2.4	2.6
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	2.7	-
	Não lavada	-	2.8	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	3.9	5.8	4
	Não lavada	5.3	6	4.9
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	4.9	3.5	-
	Não lavada	4.1	3.6	-

7.5. Resultados dos teores de micronutrientes nas folhas

Ferro (Fe)

Os resultados das análises do teor de ferro (Fe) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 16**.

O teor foliar de ferro nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 162 a 310 mg/Kg e foram considerados os menores valores quando comparados com os verificados nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 129 a 578 mg/Kg e no ambiente do pátio de Minério que variou de 57 a 611 mg/Kg.

Tabela 16. Resultados das análises químicas foliares de Ferro (Fe) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Espécie	Teor foliar de Ferro (Fe)			
	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	310	557	109
	Não lavada	257	1308	888
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	345	395	611
	Não lavada	220	929	1420
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	310	498	94
	Não lavada	301	1171	498
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	162	172	132
	Não lavada	144	404	724
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	279	129	61
	Não lavada	1437	304	832
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	526	-
	Não lavada	-	1237	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	278	299	57
	Não lavada	188	702	578
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	299	578	-
	Não lavada	135	1359	-

Manganês (Mn)

Os resultados das análises do teor de manganês (Mn) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 17**.

O teor foliar de manganês nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 57 a 495 mg/Kg e foram considerados os maiores valores quando comparados com os verificados nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 35 a 150 mg/Kg e no ambiente do pátio de Minério que variou de 64 a 272 mg/Kg.

Tabela 17. Resultados das análises químicas foliares de Manganês (Mn) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Espécie	Teor foliar de Manganês (Mn)			
	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	97	61	109
	Não lavada	225	125	134
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	397	35	272
	Não lavada	528	71	356
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	95	59	257
	Não lavada	151	122	391
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	248	66	73
	Não lavada	457	135	123
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	495	150	222
	Não lavada	560	309	331
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	61	-
	Não lavada	-	125	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	57	44	64
	Não lavada	101	91	128
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	124	39	-
	Não lavada	131	81	-

Zinco (Zn)

Os resultados das análises do teor de zinco (Zn) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 18**.

O teor foliar de zinco nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 15 a 47 mg/Kg e foram considerados os maiores valores quando comparados com os verificados nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 10 a 25 mg/Kg e no ambiente do pátio de Minério que variou de 9 a 24 mg/Kg.

Tabela 18. Resultados das análises químicas foliares de Zinco (Zn) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Teor foliar de Zinco (Zn)				
Espécie	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	47	10	20
	Não lavada	32	16	32
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	17	22	24
	Não lavada	15	34	30
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	19	14	9
	Não lavada	20	22	21
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	24	25	13
	Não lavada	20	39	19
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	36	22	13
	Não lavada	38	35	23
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	20	-
	Não lavada	-	32	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	15	17	9
	Não lavada	9	27	19
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	23	18	-
	Não lavada	15	28	-

Boro (B)

Os resultados das análises do teor de boro (B) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 19**.

O teor foliar de boro nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 19 a 49 mg/Kg e foram considerados os maiores valores quando comparados com os

verificados nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 25 a 48 mg/Kg e no ambiente do pátio de Minério que variou de 21 a 41 mg/Kg.

Tabela 19. Resultados das análises químicas foliares de Boro (B) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Espécie	Condição Foliar	Teor foliar de Boro (B)		
		Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	39	29	41
	Não lavada	55	39	59
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	37	48	21
	Não lavada	33	65	39
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	49	36	25
	Não lavada	39	48	37
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	34	27	29
	Não lavada	34	36	37.1
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	27	25	25
	Não lavada	28	33	33
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	27	-
	Não lavada	-	36	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	28	33	29
	Não lavada	27	44	39
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	19	31	-
	Não lavada	39	42	-

Cobre (Cu)

Os resultados das análises do teor de cobre (Cu) para as 8 espécies cultivadas nos ambientes Mata Atlântica na Fazenda Reginaldo Conde; Pátio de Carvão e no Pátio de Minério, para as folhas lavadas e folhas não lavadas estão apresentados na **Tabela 20**.

O teor foliar de cobre nas 8 espécies cultivadas na unidade de referência na Fazenda Reginaldo Conde na Mata Atlântica apresentou uma amplitude de 6 a 14 mg/Kg e foram considerados os maiores valores quando comparados com os

verificados nos ambientes Pátio de Carvão que variou de 2 a 8 mg/Kg e no ambiente do pátio de Minério que variou de 4 a 8 mg/Kg.

Tabela 20. Resultados das análises químicas foliares de Cobre (Cu) para oito espécies vegetais nos ambientes da mata atlântica, fazenda Eng. Reginaldo Conde e ambientes industriais dos pátios de Minério e Carvão, para folhas lavadas e não lavadas.

Teor foliar de Cobre (Cu)				
Espécie	Condição Foliar	Faz. Eng. Reginaldo Conde	Pátio de Carvão	Pátio de Minério
<i>Acacia auriculiformis</i>	Lavada	10	6	8
	Não lavada	13	10	10
<i>Acacia mangium</i>	Lavada	14	4	7
	Não lavada	11	6	10
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	7	5	7
	Não lavada	10	9	13
<i>Corymbia citriodora</i>	Lavada	7	2	6
	Não lavada	6	3	7
<i>Corymbia torelliana</i>	Lavada	8	5	4
	Não lavada	11	8	6
<i>Senna macranthera</i>	Lavada	-	8	-
	Não lavada	-	14	-
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Lavada	6	4	4
	Não lavada	9	7	7
<i>Bauhinia forficata</i>	Lavada	6	5	-
	Não lavada	6	8	-

As comparações tomaram como base os teores foliares de micro e macronutrientes considerados adequados (RAIJ et al, 1996; MALAVOLTA et al, 1997; EMCAPER, 2000) demonstrados no Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al, 2007) em que se observa teores foliares tanto para culturas agrônômicas quanto para florestais.

A análise comparativa entre os teores dos macronutrientes e dos micronutrientes verificados quando se utilizou o método padrão recomendado de lavagem das folhas para análise química foliar detectou menores valores quando comparado



com análise química realizada para os nutrientes para as folhas sem o procedimento da lavagem prévia antes da análise.

Esses resultados mostram que as espécies vegetais analisadas foram eficientes como barreira vegetal ou quebra-vento que tem a finalidade de servir para a redução da velocidade do vento e retenção de material particulado.

No geral, as espécies apresentaram teores foliares próximos quando se comparada as folhas lavadas com as não lavadas para a fazenda Eng. Reginaldo Conde, demonstrando o equilíbrio neste sistema.

A maior concentração de ferro na superfície das folhas se deu na espécie *Corymbia torelliana*, devido a suas folhas apresentarem pilosidade e conseqüentemente reterem mais partículas em suspensão contendo o ferro.

Para os elementos Nitrogênio (N), Fósforo (P), Cálcio (Ca) e Enxofre (S) em todas as espécies estudadas, os teores foliares observados estão dentro da faixa adequada, e em algumas espécies observam-se teores maiores do que aqueles adequados, como é o caso do teor de fósforo para a *Acacia auriculiformis*. Os teores em quantidades adequadas de N e P são observados tanto para as folhas lavadas como para as não lavadas.

Para as espécies *Corymbia citriodora* e *Bauhinia forficata*, os teores de Potássio (K) estavam abaixo do considerado satisfatório, tanto para as folhas lavadas como para não lavadas.

Em *Acacia mangium* verificou teores de potássio abaixo do aceitável apenas para as folhas lavadas, sendo o teor dessas amostras a metade dos teores das folhas não lavadas.

Para o Magnésio (Mg) foi constatado teores inferiores aos adequados para duas culturas, *Acacia mangium* e *Corymbia citriodora* nas duas condições avaliadas e, apenas para as folhas lavadas de *Corymbia torelliana* se observou teores inferiores deste elemento. Para todas as outras espécies, os teores de magnésio foram adequados, ressaltando a *Acacia auriculiformis* que mostrou teores superiores aos padrões.

Nas espécies de *Acacia auriculiformis*, *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus* as folhas lavadas apresentaram teores abaixo do razoável para o

elemento Manganês (Mn), notando que para todas as outras espécies e forma de análise das folhas, o teor desse elemento esteve em quantidades adequadas.

Para o teor do manganês foi constatado que todas as espécies apresentaram teores menores nas folhas lavadas em relação às não lavadas, podendo este ter sido um processo de degradação do elemento no ato da lavagem.

Para os micronutrientes Zinco (Zn), Boro (B) e Cobre (Cu), foi observada a maior ocorrência de teores nutricionais abaixo do adequado para as culturas florestais, sendo que a única espécie verificada com teor de zinco de forma satisfatória nas análises foliares foi a *Acacia auriculiformis*, independente do tratamento dado às amostras durante as análises (lavadas ou não lavadas).

Se tratando do elemento boro, apenas as folhas lavadas de *Schinus terebinthifolius* e as folhas não lavadas de *Acacia auriculiformis* apresentaram teores foliares adequados aos analisados, todas as outras folhas analisadas das espécies do estudo demonstraram teores desse elemento abaixo do adequado.

Nas espécies *Corymbia citriodora* e *Bauhinia forficata* constatou teores foliares abaixo do esperado, tanto para folhas lavadas como para não lavadas. As análises que seguiram o mesmo padrão foram das folhas não lavadas de *Schinus terebinthifolius*, *Corymbia torelliana* e *Handroanthus heptaphyllus*, sendo que as folhas lavadas dessas espécies apresentaram padrões esperados de teores foliares.

Para as espécies do gênero *Acacia*, os teores foliares de cobre verificados foram dentro do considerado adequado e esperado para as condições do experimento na fazenda Eng. Reginaldo Conde.

Não constam dados para a espécie *Senna macranthera*, pois durante os estudos e coletas de materiais para análise os indivíduos dessa espécie estavam em número e folhas insuficientes para composição adequada de amostras que fossem representativas do estudo, tomando a decisão assim de não analisar esse material. Com os resultados das análises foliares realizadas, podemos notar o mesmo comportamento que o observado na fazenda Eng. Reginaldo Conde em todas as espécies para os elementos Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Cálcio (Ca), em



que todos os resultados se encontram em níveis adequados para o desenvolvimento dessas espécies florestais.

Para os macronutrientes Potássio (K) e Enxofre (S), nota-se que, com exceção da *Corymbia citriodora*, todas as outras espécies apresentaram teores adequados, indiferente ao processo de análise ao qual foram submetidas.

Dessa forma, no geral não foram observadas deficiências dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e enxofre, com exceção do potássio e enxofre para a *Corymbia citriodora*, no pátio de carvão, demonstrando que tanto o aporte dos elementos no solo quanto a absorção das plantas estão acontecendo de forma satisfatória para o seu desenvolvimento.

Já para o macronutriente Magnésio (Mg) foi observado em 5 espécies que os teores estavam abaixo daqueles considerado adequado, sendo elas a *Acacia mangium*, *Corymbia citriodora*, *Corymbia torelliana*, *Senna macranther* e *Bauhinia forficata*. Apesar dos teores abaixo do considerado adequado, não foi notado sinais visuais de deficiência desses nutrientes em campo, muito provavelmente devido ao fato de estarem próximos ao limite inferior.

Para os teores foliares do Ferro (Fe) nota-se que para todas as espécies, a quantidade presente nas folhas não lavadas desse elemento é muito superior em relação às lavadas, fenômeno já esperado devido à movimentação de matéria prima na área industrial da ArcelorMittal Tubarão.

Porém, para as folhas lavadas, houveram algumas variações interessantes nas espécies analisadas nas diferentes condições. O teor de ferro nas espécies do gênero *Corymbia* no pátio de carvão foi menor do que o observado na fazenda Eng. Reginaldo Conde. Além de menor, *Corymbia torelliana* apresentou teor foliar abaixo do adequado.

Apesar do alto teor de ferro no pátio de carvão, durante todo o experimento não houve toxidez por esse elemento, devido ao fato dos taludes apresentarem pH básico, reduzindo a disponibilidade do ferro para as plantas.

Para o micronutriente Manganês (Mn), *Corymbia torelliana* mostrou teores satisfatórios, tanto para as folhas lavadas como para as não lavadas. Também apresentaram teores satisfatórios as folhas não lavadas de *Acacia auriculiformis*,

Schinus terebinthifolius, *Corymbia citriodora*, e *Senna macranthera*. As demais espécies e formas de metodologia de análise do material apresentaram teores foliares abaixo do satisfatório na área experimental do pátio de carvão.

Em todas as espécies, independente da metodologia utilizada para análise, foi observado deficiência do elemento Zinco (Zn), apesar de tal fato não acontecer de forma visual em campo. A deficiência deste elemento observada nas análises foliares remete ao fato de que o zinco é um elemento de baixa disponibilidade para as plantas em pH básico, situação que ocorre nos solos da ArcelorMittal Tubarão.

O Boro (B) nas plantas teve comportamento semelhante ao zinco, sendo que apenas *Acacia mangium* e *Schinus terebinthifolius* demonstraram teores adequados para este elemento, independente da forma de análise foliar. Apesar da deficiência de acordo com a análise foliar, os parâmetros observados foram muito próximos ao limite inferior do adequado.

Senna macranthera, ambos os tipos de amostra, e *Acacia auriculiformis*, folhas não lavadas, foram as únicas amostras que apresentaram teores adequados de micronutriente Cobre (Cu), para todas as outras foi observado teor abaixo, porém sempre próximo ao limite inferior do considerado adequado, não ocorrendo assim a deficiência para este nutriente.

Da mesma forma que foi constatado na fazenda Eng. Reginaldo Conde e Pátio de Carvão, no Pátio de minério também foi diferente o comportamento para os nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Cálcio (Ca) em que todos esses elementos se encontram em teores adequados para o pleno desenvolvimento das plantas.

O elemento Potássio (K) só foi observado em teores inadequados para *Corymbia torelliana* e para as folhas lavadas de *Handroanthus heptaphyllus*, porém esses teores se encontram em parâmetros próximos ao limite inferior da faixa adequada, não sendo assim um problema para o desenvolvimento das espécies.

Para as espécies de *Acacia mangium* e *Corymbia torelliana* constatou a falta de quantidade suficiente de Enxofre (S) para o seu pleno desenvolvimento, tanto para as folhas lavadas como para as não lavadas. O mesmo raciocínio se aplica para as folhas lavadas de *Corymbia citriodora* e *Handroanthus heptaphyllus*.



O micronutriente Magnésio (Mg) foi insuficiente para as plantas de *Schinus terebinthifolius*, *Corymbia torelliana* e *Handroanthus heptaphyllus* para as folhas lavadas e não lavadas. Para *Acacia auriculiformis* foi observado esse mesmo padrão apenas para as folhas não lavadas.

Seguindo o mesmo padrão do pátio de carvão, o elemento Ferro (Fe) no pátio de minério foi observado em altas quantidades nas folhas não lavadas, havendo grande deposição desse elemento na superfície das folhas. Porém na área experimental em questão, os teores de ferro nas folhas lavadas ficaram abaixo do adequado para grande parte das espécies analisadas dessa área experimental, excluindo apenas a *Acacia mangiun*

O fato do ferro estar abundante nas folhas não lavadas e em pequenas quantidades nas folhas lavadas se dá pela sua não disponibilização de forma suficiente para plantas devido ao alto pH dos solos do pátio de minério (acima de 8,4).

Apenas as folhas lavadas de *Corymbia citriodora* apresentaram baixos teores do nutriente Manganês (Mn), sendo este presente em quantidade suficiente para o pleno desenvolvimento de todas as plantas.

O mesmo comportamento do Zinco (Zn) no pátio de carvão é observado no pátio de minério, porém mais acentuado. O pH muito básico do pátio de minério (8,4) maior que o do pátio de carvão (em torno de 7,5) reduziu a disponibilidade do zinco ainda mais, demonstrando teores gerais ainda menores no pátio de minério quando compararmos com os teores das espécies do pátio de carvão.

Apenas *Acacia auriculiformis* demonstrou teores satisfatórios de Boro (B), para as duas metodologias de análise das folhas. Todas as outras espécies apresentaram teores insuficientes, porém próximos ao limite inferior dos teores adequados.

Acacia auriculiformis, *Acacia mangiun* e *Schinus terebinthifolius*, em folhas lavadas e não lavadas, apresentaram teores foliares de Cobre (Cu) dentro do aceitável, sendo que as demais espécies não seguiram este padrão.

As espécies *Senna macranthera* e *Bauhinia forficata* não foram analisadas pois não apresentavam quantidade suficiente de indivíduos e/ou folhas que pudessem compor amostra representativa do experimento.

9. ESTUDO DE ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS PARA COBERTURA VERDE NOS PÁTIOS DE COPRODUTOS DA CASP

O projeto de pesquisa foi desenvolvido nos pátios de Coprodutos da Casp no ambiente industrial da ArcelorMittal Tubarão, com o objetivo de identificar espécies vegetais de leguminosas adaptadas ao ambiente para a cobertura verde.

A pesquisa foi desenvolvida pela equipe técnica multidisciplinar do Incaper que promoveu análises do crescimento e desenvolvimento das plantas, análise física e química do coproduto utilizado como substrato.

Durante o mês de novembro de 2017 foi elaborado o projeto, consistindo na seleção e estudo do comportamento de espécies vegetais rústicas, levando em consideração as características da área a ser cultivado, exposição ao sol, ventos, e a característica físico-química do substrato (coproduto) para o desenvolvimento de plantas.

Foram desenvolvidas técnicas de manejo na produção de mudas e semeio direto e a recomendação e uso de hidrogel e fertirrigação para promover o desenvolvimento das plantas das espécies de leguminosas nos pátios de coprodutos

As espécies avaliadas foram:

- *Lablab purpureus* – Labelabe;
- *Mucuna aterrima* – Mucuna cinza;
- *Mucuna pruriens* – Mucuna preta.

Essas espécies foram inicialmente testadas em áreas experimentais de dimensões 10 x 10 metros (área de 100 m²), sendo observada adaptação e desenvolvimento de cada uma de forma individual, para posterior replicação para a área total da CASP. Foram realizadas recomendações de adubação, manejo e tratamentos culturais, havendo necessidade de alterações e adaptações com o decorrer do processo por não existirem estudos da mesma natureza em outras partes do mundo.

Após 1 mês de acompanhamento, foi observado que as espécies de mucuna apresentaram boa adaptação com recomendação de seu cultivo para podem ser replicadas para toda a área, apresentando resistência às condições encontradas na CASP, sendo dependentes das práticas de manejo recomendadas pelo Incaper. Entretanto a espécie de leguminosa Lablab não apresentou adaptação verificado pela alta mortalidade das plantas e baixo crescimento e desenvolvimento vegetativo, não sendo recomendada para o cultivo nessas condições com o uso do coproduto como substrato.

Atualmente, o projeto se encontra em fase de expansão da cobertura vegetal na área da CASP e início de experimentação de novas espécies de leguminosas, sendo elas:

- *Canavalia brasiliensis Mart ex Benth* - Feijão-bravo;
- *Crotalaria ochroleuca* - Crotalaria ochroleuca;
- *Pisum sativum subesp. Arvense* - Ervilha forrageira;
- *Mucuna deeringiana* - Mucuna anã;
- *Vicia sativa* – Ervilhaca.



Figura 8. Desenvolvimento das espécies de leguminosas no pátio de coprodutos da ArcelorMittal Tubarão.



Figura 9. Estudo das espécies de leguminosas para cobertura verde no pátio de coprodutos da ArcelorMittal Tubarão.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Levando em consideração o parâmetro altura e diâmetro altura do peito, as espécies *Corymbia citriodora*, *Acacia auriculiformis*, *Schinus terebinthifolius*, *Handroanthus heptaphyllus* se adaptaram de forma satisfatória, se igualando ou até mesmo superando o desenvolvimento nas áreas da ArcelorMittal tubarão, quando comparamos com a área não antropizada da fazenda Eng. Reginaldo Conde.

2. As espécies *Corymbia citriodora* e *Schinus terebinthifolius* podem ser incorporadas em qualquer ambiente industrial da ArcelorMittal Tubarão para compor os extratos médio/alto e médio/baixo dos quebra-ventos arbóreos.
3. A espécie *Bauhinia forficata* demonstrou sensibilidade na região do ambiente pátio de minério, não demonstrando adaptação a esse ambiente.
4. As espécies vegetais apresentaram crescimento e desenvolvimento diferente nos 3 ambientes, mata atlântica e ambiente industrial dos pátios de carvão e minério da ArcelorMittal Tubarão.
5. Foram identificadas 4 espécies, *Corymbia citriodora*, *Acacia auriculiformis*, *Schinus terebinthifolius*, *Handroanthus heptaphyllus*, que apresentaram alta capacidade de adaptação, sendo igual ou superior à observada no ambiente da mata atlântica, sem influência antrópica.
6. A magnitude das trocas gasosas foi similar ao controle nas plantas de *Senna macranthera* e *Handroanthus heptaphylla* nos pátios do carvão e *Acacia mangium* no pátio de minério. No entanto, as plantas de *S. macranthera* exibiram alta mortalidade, e baixos valores das características dendrométricas, não sendo recomendada para o uso no Cinturão Verde.
7. A análise dos macronutrientes identificou maior concentração de ferro nos ambientes industriais no pátio de minério. Esse resultado está em função da capacidade das plantas em reter os particulados presente no ambiente industrial.
8. O pH das áreas do interior da empresa tem a tendência a ser básico, se tornando mais básico durante o tempo, sendo interessante a realização de adubos ácidos para regulamentação do pH.
9. A saturação de bases foi considerada alta no ambiente industrial, em função do pH básico verificado nos solos dos taludes.
10. Apesar dos altos índices de ferro no solo, não foi observado problemas com o esse elemento, provavelmente por que o ferro em pH básico (caso dos solos da empresa) se torna pouco disponível para as plantas.
11. A evolução da matéria orgânica no solo das áreas dentro da ArcelorMittal, ao longo dos estudos, ultrapassou os valores observados na área controle.

12. A espécie *Acacia auriculiformes* apresentou baixos valores de Taxa de Assimilação Líquida de Carbono (*A*) e de Condutância Estomática (*g_s*) nos pátios de carvão e de minério. Isso corrobora com os resultados das análises dendrométricas, que mostraram um desempenho insatisfatório de *A. auriculiformes* em ambos os pátios industriais.
13. O estudo comparativo dos resultados das análises químicas utilizando os procedimentos de folhas lavadas e folhas não lavadas mostram de maneira geral maiores teores para os macro e micronutrientes foliares nas folhas não lavadas.
14. Os teores foliares para macro e micronutrientes nas oito espécies estudadas foram classificados entre médio à alto, não sendo observados problemas de deficiência ou toxicidade de nutrientes.
15. A análise química de solos e foliar não identificou a presença de metais pesados nos ambientes mata atlântica, pátio de carvão e minério.
16. Estudos complementares com o uso de espécies de leguminosas, mucuna preta, mucuna cinza e lab-lab, identificou a alta capacidade de adaptação da leguminosa mucuna preta e mucuna cinza com excelente crescimento, desenvolvimento e com alta capacidade de cobertura verde nos pátios de COPRODUTOS da CASP da ArcelorMittal Tubarão.
17. A espécie de leguminosa Lab-Lab não apresentou adaptação ao ambiente industrial, não sendo recomendada para o seu uso na cobertura verde nos pátios de COPRODUTOS.
18. O crescimento e desenvolvimento das 8 espécies vegetais avaliadas no cinturão verde como quebra-ventos foi satisfatória com destaque para as espécies *Corymbia citriodora* e *Schinus terebinthifolius* (aroeira) que apresentaram desenvolvimento semelhante ao observado no ambiente de mata atlântica, sendo recomendadas para o uso em quebra-ventos demonstrando alta capacidade de adaptação e contradizendo a afirmativa de que *“muitas vezes a cobertura vegetal tende a ser apenas um fator psicológico do que de controle”*.



11. EQUIPE TÉCNICA

- a) Aureliano Nogueira da Costa – Eng. Agrônomo DSc Solos e Nutrição de Plantas / pesquisador do Incaper.
- b) Diolina Moura Silva – Bióloga DSc Fisiologia Vegetal / Professora e pesquisadora da UFES.
- c) Luiz Carlos Prezotti - Eng. Agrônomo DSc Solos e Nutrição de Plantas / pesquisador do Incaper.
- d) André Guarçoni - Eng. Agrônomo DSc Solos e Nutrição de Plantas / pesquisador do Incaper.
- e) Rogério Guarçoni - Eng. Agrônomo DSc Produção Vegetal / pesquisador do Incaper.
- f) José Aires Ventura - Eng. Agrônomo DSc Fitopatologia / pesquisador do Incaper.
- g) Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho – Eng. Florestal MSc Genética e Melhoramento de Plantas / Extensionista Incaper.
- h) Fabio Favarato Nogueira – Eng. Florestal / Fundagres.

12.REFERÊNCIAS

AMARANTE, O. A. C. do; SILVA, F. de J. L. da; ANDRADE, P. E. P. de. Atlas eólico: Espírito Santo, Vitória: ASPE, 2009. 100 p.

BAGGIO, A. J. **Sistema agroflorestal grevilea x café**: início de nova era na agricultura paranaense? Curitiba, v. 9, p. 1-15, 1983. (Circular Técnica EMBRAPA/URPFCS).

CABORN, J.M. The dependence of the shelter effect of shelterbelts on their structure. In: PROCEEDINGS OF WORLD FORESTRY CONGRESS, 5., **Proceedings ...**, Seattle, USA, 1960. p. 1662-1664.

ČAJÁNEK, M., ŠTROCH, M., LACHETOVÁ, I., KALINA, J., SPUNDA, V. Characterization of the photosystem II inactivation of heat-stressed barley leaves as monitored by the various parameters of chlorophyll a fluorescence and delayed fluorescence. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, v. 47, p. 39-45, 1998.

CHAPMAN, E. E. V. A., DAVE, G. A., Murimboh, J. D. B. A review of metal (Pb and Zn) sensitive and pH tolerant bioassay organisms for risk screening of metal-contaminated acidic soils. *Environmental Pollution*, v.179, p.326-342, 2013.

CHEN, S., Zhou, F., YIN, C., STRASSER, R. J., YANG, C., QIANG, S. Application of fast chlorophyll a fluorescence kinetics to probe action target of 3-acetyl-5-isopropyltetramic acid. *Environmental and Experimental Botany*, v.71, p.269–279, 2011.

CLEUGH, H. A. Field measurements of windbreak effects on airflow, turbulent exchanges and microclimates. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 42, p. 665-677. 2002.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Crítérios para instalação de quebra-ventos**. [S.l.]: Embrapa, 1996. (Comunicado Técnico, n. 18).

DARESTA, B. E., ITALIANO, F., GENNARO, G., TROTTA, M., TUTINO, M., VERONICO, P. Atmospheric particulate matter (PM) effect on the growth of *Solanum lycopersicum* cv. Roma plants. *Chemosphere*, v.119, p.37–42, 2015.

FINCH, S. J. Field Windbreaks: desing criteria. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WINDBREAKS TECHNOLOGY, 1986, Lincoln. **Proceedings...** Amsterdã: Elsevier, 1988. p. 215-228.

FRANÇA, F. M. C.; OLIVEIRA, J. B. **Quebra-ventos na propriedade agrícola**. Fortaleza: Secretaria de Recursos Hídricos, 2010. 21 p. (Cartilhas temáticas tecnológicas e práticas hidroambientais para convivência com o Semiárido, v. 8).

GUYOT, G. Les brise-vent-modification des microclimats et amélioration de la production agricole. **Annales agronomiques**, Versailles, s.i., 1963.

HALLIK, L., NIINEMETS, U., KULL, O. Photosynthetic acclimation to light in woody and herbaceous species: a comparison of leaf structure, pigment content and chlorophyll fluorescence characteristics measured in the field. *Plant Biology*. v. 14, p. 88-99, 2012.

IBC – Instituto Brasileiro do Café. **Cultura de Café no Brasil**, Manual de recomendações. 5. ed., Rio de Janeiro, 1985. 580 p.

JESUS, R. M. Recuperação de Áreas Degradadas. **Revista do Instituto Florestal**, v. 2 (parte única). São Paulo, p. 350-362, 1992.

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: 23 dez. 2016.

LICHTHENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymology*, v.148, p.350-382, 1987.

LIGHTY, J.S., VERANTH, J.M., SAROFIM, A.F. Combustion aerosols: factors governing their size and composition and implications to human health. *Journal Air Waste Manage*, v.50, p.1565–1618, 2000.

MANCILLA-LEYTÓN, J. M., CAMBROLLÉ, J., FIGUEROA, M. E., VICENTE, A. M. Growth and survival of cork oak (*Quercus suber*) seedlings after simulated partial cotyledon consumption under different soil nutrient contents. *Plant Soil*, v.370, p.381–392, 2013.

MERCÊS, D. A., PINHEIRO, M. P., OLIVEIRA FILHO, J. A., FRANÇA, S., GOMES, F. P., FIASCHI, P., MIELKE, M. S. Sobrevivência de plântulas, características fotossintéticas e crescimento de *Discocarpus pedicellatus* (Phyllanthaceae). *Rodriguésia*, v.64, n.1, 2013.

MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava–SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 30-34, mar. 2008.

PAVARI, A. **Quebra-Ventos**. Florença, Bertrand, 1961. 179 p.

PADOVAN, M. P.; CORTEZ, V. J.; NAVARRETE, L. F.; NAVARRETE, E. D.; DEFFNER, A. C.; CENTENO, L. G.; MUNGUÍA, R.; BARRIOS, M.; VÍLCHEZ-MENDOZA, J. S.; VEGA-JARQUÍN, C.; COSTA, A. N. da; BROOK, R. M. ; RAPIDEL, B. Root distribution and water use in coffee shaded with *Tabebuia rosea* Bertol. and *Simarouba glauca* DC. compared to full sun coffee in sub-optimal environmental conditions. **Agroforestry Systems** (Print), v. 89, p. 857-868, 2015.

RAO, M.R.; NAIR, P.K.R.; ONG, C.K. Biophysical interactions in tropical agroforestry system. **Agroforestry Systems** (Print), v. 38, p. 3-50. 1998.

SCHALLER, M.; SCHROTH, G.; BEER, J.; JIMENEZ, F. Species and sites characteristics that permit the association of fast-growing trees with crops: the case of *Eucalyptus deglupta* as coffee shade in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 175, p. 205-215. 2003.

SCHROTH, G.; DA FONSECA, A.B., HARVEY, C. A.; GASCON, C., VASCONCELOS, H. L. et al. **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington, USA: Island Press. 2004. Published: July 29, 2013 <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0070379>

SILVA, J. B.; ZANUSSO, J. F.; SILVEIRA, D. L. M. Estudo da velocidade e direção dos ventos em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 227-235, 1997.

SOLOMON, P.A., SIOUTAS, C. Continuous and semicontinuous monitoring techniques for particulate matter mass and chemical components: a synthesis of findings from EPA's particulate matter supersites program and related studies. *Journal Air Waste Manage*, v.58, p.164–195, 2008.

STRASSER, B. J., STRASSER, R. J., Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: the JIP-test, in: P. Mathis (Ed.), *Photosynthesis: from Light to Biosphere*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 977–980, 1995.

STRASSER, A., TSIMILLI-MICHAEL, M., SRIVASTAVA, A. Analysis of the fluorescence transient In: Papageorgiou, G. C., Govindjee (eds.), *Chlorophyll fluorescence: A signature of photosynthesis*. *Advances in Photosynthesis and Respiration Series*. Springer: Dordrecht, p. 321-362, 2004.

STRASSER, R.J., TSIMILLI-MICHAEL, M., QIANG, S., GOLTSEV, V. Simultaneous in vivo recording of prompt and delayed fluorescence and 820-nm reflection changes during drying and after rehydration of the resurrection plant *Haberlea rhodopensis*. *Biochimica et Biophysica Acta*, v.1797, p.1313–1326, 2010.

TSIMILLI-MICHAEL, M., STRASSER, R.J. In vivo assessment of plants' vitality: applications in detecting and evaluating the impact of Mycorrhization on host



plants. In: Varma A, editor. Mycorrhiza: state of the art, genetics and molecular biology, ecofunction, biotechnology, eco-physiology, structure and systematics. Dordrecht: Springer; p. 679–703, 2008.

TUBELIS, A., NASCIMENTO, F. J. F. **Meteorologia descritiva**: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1980. 374 p.

VOLPE, C. A.; SCHÖFFEL, E. R. Quebra-ventos. In: RUGGIERO, C. **Bananicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. p. 196-211.

XIANG, M, CHEN, S., WANG, L., DONG, Z., HUANG, J., ZHANG, Y., STRASSER, R. J. Effect of vulculic acid produced by *Nimbya alternantherae* on the photosynthetic apparatus of *Alternanthera philoxeroides*. Plant Physiology and Biochemistry, v. 65, p. 81-88, 2013.