



Sustentabilidade de Recursos Florestais

André Luiz Oliveira de Francisco
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

André Luiz Oliveira de Francisco
(Organizador)

Sustentabilidade de Recursos Florestais

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

S964 Sustentabilidade de recursos florestais [recurso eletrônico] /
Organizador André Luiz Oliveira de Francisco. – Ponta Grossa
(PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-044-5

DOI 10.22533/at.ed.445191601

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Gestão ambiental. 3. Meio ambiente. I. Francisco, André Luiz Oliveira de.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O leitor na obra Sustentabilidade de Recursos Florestais terá a oportunidade de conhecer 10 trabalhos científicos com diferentes temáticas florestais nos quais teremos inserções de assuntos econômicos, conservação do ambiente, logística, produção e desenvolvimento florestal, dentre outros.

A obra apresenta todos os trabalhos com viés aplicado do componente florestal, abordando-o desde em áreas naturais, com levantamento arbóreo e estudos do comportamento de áreas naturais, passando por estudos ambientais na exploração florestal comercial e análise de processos da cadeia produtiva da madeira, como logística e mecanização dos sistemas de produção. Contudo temáticas diferenciadas de aplicação do componente florestal também são abordadas, com aplicações dele fora do ciclo da madeira, demonstrando ao leitor oportunidades de uso e aplicações dele em dias a dias fora do recorrente uso madeireiro.

A abrangência dos temas presentes nesta obra e suas qualidades diferenciadas chamam a atenção, com questões ambientais atuais em foco ligadas a preservação do ambiente natural e suas implicações para qualidade do sistema. Soma-se a isso as análises econômicas em pauta aqui com o sistema de produção da florestal em foco, proporcionando ao leitor incremento de conhecimento sobre os tema e informações que vão implicar em ganhos econômicos ao mesmo e experiências a serem replicadas.

Neste sentido ressaltamos a importância desta leitura de forma a incrementar o conhecimento da área florestal em diferentes âmbitos ao leitor, muitos ainda pouco retratadas tornando sua leitura uma abertura de fronteiras para sua mente e oportunidades reais de planos e ideias. Boa leitura!

André Luiz Oliveira de Francisco

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 8

AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES AGROFLORESTAIS NA COMPOSIÇÃO DE QUEBRA-VENTOS DA ARCELORMITTAL TUBARÃO

Aureliano Nogueira da Costa
Fabio Favarato Nogueira
Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho
Bernardo Enne Corrêa da Silva
Maria da Penha Padovan

DOI 10.22533/at.ed.4451916011

CAPÍTULO 2 16

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS NA COMPOSIÇÃO DE QUEBRA-VENTOS EM PÁTIOS DE ESTOCAGEM DE CARVÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO

Aureliano Nogueira da Costa
Fabio Favarato Nogueira
Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho
Bernardo Enne Corrêa da Silva
Maria da Penha Padovan

DOI 10.22533/at.ed.4451916012

CAPÍTULO 3 25

DESENVOLVIMENTO E MULTIPLICAÇÃO DA JOANINHA *CRYPTOLAEMUS MONTROUZIERI* NO CONTROLE BIOLÓGICO DA COCHONILHA ROSADA

Leonardo Leite Fialho Júnior
Lucas Alves do Nascimento Silva
Isabel Carolina de Lima Santos
Alexandre dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.4451916013

CAPÍTULO 4 40

DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA EM UMA UNIDADE DE MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA CENTRAL

Raildo de Souza Torquato
Tiago Nunes da Silva
Ítala Lorena de Lima Ferreira
Lennon Simões Azevedo
Vanesse do Socorro Martins de Matos
Veraldo Liesenberg

DOI 10.22533/at.ed.4451916014

CAPÍTULO 5 56

FATORES ABIÓTICOS DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA BIOMASSA AÉREA EM ÁREAS DE CAATINGA NO NORDESTE BRASILEIRO

Ramon de Sousa Leite
Marlete Moreira Mendes Ivanov
Paulo Costa de Oliveira Filho
Márcio Assis Cordeiro
Misael Freitas dos Santos
Daniele Lima da Costa
Luciano Farinha Watzlawick
Kauana Engel
Jonas Wilson Parente Vieira

DOI 10.22533/at.ed.4451916015

CAPÍTULO 6 71

NFLUÊNCIA DO VOLUME MÉDIO POR ÁRVORE NA PRODUTIVIDADE E NOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO FELLER BUNCHER

Luis Carlos de Freitas
Francisco de Assis Costa Ferreira
Elton da Silva Leite
Ana Paula da Silva Barros
Danusia Silva Luz
Aline Pereira das Virgens

DOI 10.22533/at.ed.4451916016

CAPÍTULO 7 81

MAPEAMENTO DE FOCOS DE CALOR EM ÁREA DE INVASÃO BIOLÓGICA NO DOMÍNIO MATA ATLÂNTICA EM MINAS GERAIS

Eduarda Soares Menezes
Danielle Piuzana Mucida
Luciano Cavalcante de Jesus França
Aline Ramalho dos Santos
Marcos Vinicius Miranda Aguilhar
Eduardo Alves Araújo
Fernanda Silveira Lima
Amanda Cristina dos Santos
Israel Marinho Pereira

DOI 10.22533/at.ed.4451916017

CAPÍTULO 8 96

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE COZIMENTO CONTÍNUO EM LABORATÓRIO PARA MADEIRAS DE *EUCALYPTUS SPP.*

Fabiano Rodrigues Pereira
Thaís Chaves Almeida
Eliênildo Martins Alves
Rodrigo Ribeiro de Almeida
Gilmar Correia Silva

DOI 10.22533/at.ed.4451916018

CAPÍTULO 9 104

SERAPILHEIRA EM POVOAMENTO DE EUCALIPTOS: FONTE OU DRENO DE CARBONO?

Dione Richer Momolli
Mauro Valdir Schumacher
Elias Frank Araújo

DOI 10.22533/at.ed.4451916019

CAPÍTULO 10 113

VIABILIDADE ECONÔMICA, ANÁLISE DE RISCO E DE SENSIBILIDADE NO TRANSPORTE FLORESTAL RODOVIÁRIO

Aline Pereira das Virgens
Luís Carlos de Freitas
Márcio Lopes da Silva
Danusia Silva Luz
Ana Paula da Silva Barros
Francisco de Assis Costa Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.44519160110

SOBRE O ORGANIZADOR..... 126

AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES AGROFLORESTAIS NA COMPOSIÇÃO DE QUEBRA-VENTOS DA ARCELORMITTAL TUBARÃO

Aureliano Nogueira da Costa

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural
Vitória – Espírito Santo

Fabio Favarato Nogueira

Fundação de Desenvolvimento Agropecuário do
Espírito Santo
Vitória – Espírito Santo

Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural
Vitória – Espírito Santo

Bernardo Enne Corrêa da Silva

ArcelorMittal Tubarão
Serra – Espírito Santo

Maria da Penha Padovan

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural
Vitória – Espírito Santo

RESUMO: Cinturões verdes são áreas ao redor de regiões urbanas ou industriais que buscam atender a diversos objetivos, entre eles a melhoria da qualidade do ar. O cinturão verde da ArcelorMittal Tubarão compõe a cobertura verde de todo o parque industrial da empresa, tendo como principal objetivo a redução da velocidade do vento e o arraste do material particulado, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar na região urbana da Grande Vitória. O objetivo do

presente trabalho foi avaliar a sobrevivência de espécies agroflorestais no enriquecimento das áreas verdes da ArcelorMittal Tubarão e nesse contexto foram selecionadas espécies com base na adaptação edafoclimática, rusticidade, porte, velocidade de crescimento, ciclo de vida e queda das folhas. O plantio foi realizado em novembro de 2015 no espaçamento adensado de 1,5 x 1,5 m, em forma de quincôncio. O levantamento da sobrevivência foi realizado aos 6, 18 e 24 meses. A sobrevivência aos 6 e 18 meses foi acima de 94 % para todas as espécies. Aos 24 meses a sobrevivência se manteve alta para a maioria das espécies, com exceção de *Manguifera indica* e *Corymbia citriodora* que apresentaram 81,25% e 77,27% de sobrevivência respectivamente. A sobrevivência média aos 6, 18 e 24 meses foi de 100%, 98,63% e 93,13% respectivamente, manifestando uma alta adaptação das espécies no ambiente industrial.

PALAVRA-CHAVE: quebra-ventos, taxa de sobrevivência, pátios de estocagem de carvão, sistema agroflorestal

ABSTRACT: Green belts are areas around urban or industrial regions that seek to meet a variety of goals, including improving air quality. The green belt of ArcelorMittal Tubarão surrounds the entire industrial park of the company, with the main objective of reducing

the drag of particulate matter and improving air quality in the urban area of Greater Vitória. The objective of the present work was to evaluate the survival of tree species in the enrichment of the green areas of ArcelorMittal Tubarão. The selection of species was based on edaphoclimatic adaptation, rusticity, size, growth rate, life cycle and leaf fall. The planting carried out in November 2015, used A spacing of 1,5 x 1,5 m, in quincuncio. A survival survey was performed at 6, 18 and 24 months. Survival at 6 and 18 months was above 94% for all species. At 24 months, survival remained high for most species, with *Manguifera indica* and *Corymbia citriodora* executing 81.25% and 77.27% respectively. The mean survival rate at 6, 18 and 24 months was 100%, 98.63% and 93.13%, respectively.

KEYWORDS: windbreaks, agroforestry, storage yards.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria siderúrgica utiliza o minério de ferro como sua principal matéria prima, e para a utilização desse material é efetuada a sua estocagem em pátios. Nas indústrias minerais, os pátios de estocagem são considerados essenciais no processo estocagem para manter o seu fornecimento contínuo no processo de produção (CHAVES e FERREIRA, 1996).

A incidência dos ventos sobre as pilhas de estocagem da matéria prima promove o desprendimento da poeira do minério de ferro, ocasionando o arraste de material particulado (CHAVES e FERREIRA, 1996).

De acordo com a Usepa e a Who (2005), o material particulado, conhecido como poeira ou fumaça, é um poluente atmosférico composto por uma combinação de pequenas partículas líquidas e sólidas suspensas no ar, sendo a forma mais perceptível de poluição do ar em um centro urbano.

Uma alternativa para reduzir o arraste do material particulado é o emprego de cinturões verdes como forma de quebra-ventos, definidos como barreiras formadas por fileiras de árvores sistematizadas em direção perpendicular aos ventos predominantes (IBC, 1981).

Os quebra-ventos são amplamente utilizados na agricultura e apresentam o importante papel como uma barreira, de modo a reduzir o fluxo de ar diminuindo a velocidade do vento e o seu potencial de arraste de particulado. Dessa forma, os cinturões verdes foram implantados no ambiente industrial da ArcelorMittal Tubarão para fins de quebra-ventos e auxiliam na redução dos poluentes atmosféricos por três mecanismos: absorção de gases pelas folhas, destituição de material particulado na superfície das folhas e precipitação de partículas à jusante da vegetação (LAURET et al., 2011).

Os quebra-ventos reduzem a velocidade do vento a uma distância equivalente à sua altura, dependendo da área sob proteção. Os quebra-ventos podem ser dispostos em fileiras únicas ou múltiplas, com uma ou várias espécies (OBOHO & NWOBOSHI,

1991).

Os aspectos técnicos para a implantação dos quebra-ventos tais como a altura das plantas, distância a ser protegida entre as barreiras, comprimento, densidade, espessura, disposição perpendicular, velocidade e direção do vento, composição e estrutura (espécies utilizadas), independentemente do material a ser utilizado, são fundamentais e determinantes para o sucesso dessa prática (LEAL, 1896)

Diversos tipos de sistemas de quebra-ventos são adotados com diferentes composições (formação) com destaque para os sistemas agroflorestais. Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) são modelos de cultivos que mais se assemelham à floresta natural e que, por isso, são considerados como expressivas possibilidades de uso sustentável do ecossistema tropical úmido, (ALMEIDA, MÜLLER e SENA-GOMES, 2002; BRANDY et al., 1994).

Partindo desse pressuposto, esse estudo tem por objetivo avaliar a taxa de sobrevivência de espécies arbóreas cultivadas no entorno de pátio de estocagem de carvão da empresa ArcelorMittal Tubarão, em Vitória – ES, visando a composição uniforme do quebra-vento na região, reduzindo a velocidade dos ventos que incidem nas pilhas de carvão e, conseqüentemente, reduzir o arraste de material particulado para as regiões no entorno da empresa.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental adjacente ao pátio de estocagem de carvão da empresa ArcelorMittal Tubarão, situada no município de Vitória – ES, com coordenadas geográficas 40°13'27,6" W e 20°15'27,5" S ao nível do mar.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é tropical chuvoso (Aw), apresentando verão chuvoso e outras estações parcialmente secas. A temperatura média anual é de 24,8°C, pluviosidade média em torno de 1100 mm e temperaturas anuais variando entre 11,8°C e 34°C no mês mais frio e quente respectivamente.

Para a implantação do experimento na área industrial, devido ao local ser caracterizado por um aterro marinho com solo compactado e pedregoso, foi necessário a construção de talude para plantio das espécies florestais.

O talude foi construído com as dimensões de 300 metros de extensão, 11 metros de largura da base, 5 metros de largura da crista e 3,5 metros de altura (figura 1), utilizando 60% de terra vermelha, 30% de terra preta e 10% de material orgânico.

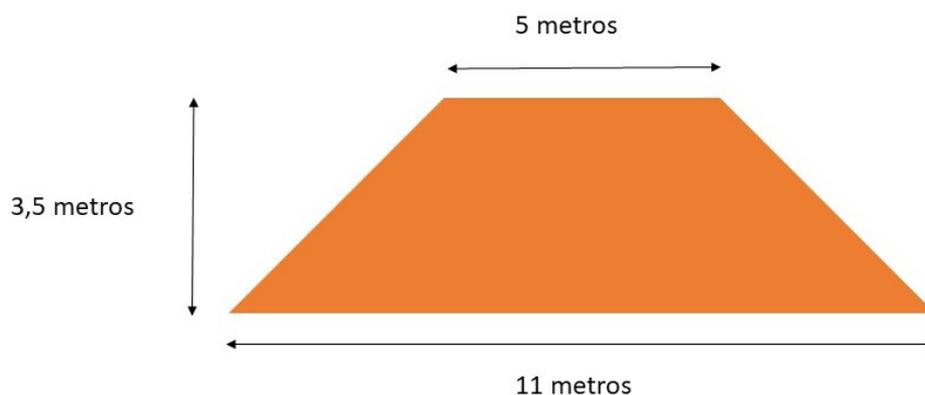


Figura 1. Perfil do talude construído para o plantio das espécies florestais.

Fonte: O autor

A seleção das espécies agroflorestais foi realizada com base no conhecimento botânico, fisiológico, agrônômico e florestal com o objetivo de identificar espécies que proporcionem porosidade uniforme do quebra-vento na área experimental, separando em três extratos quanto à da barreira de vento, sendo eles o extrato baixo, médio e alto.

Para a composição de cada extrato foram selecionadas espécies com o desenvolvimento em altura compatível com o proposto, de forma que no extrato baixo as árvores devem atingir entre 3 e 7 metros, para o extrato médio a altura deve variar entre 7 e 15 metros e para o extrato alto as árvores devem ultrapassar os 15 metros de altura.

Além da classificação em desenvolvimento em altura, foram levados em considerações diversos fatores relativos às espécies agroflorestais, sendo eles:

- Adaptação edafoclimática;
- Rusticidade;
- Tipo de folhas;
- Porte;
- Velocidade de crescimento;
- Ciclo de vida;
- Queda das folhas;
- Bioma de origem.

Dessa forma, levando em consideração os parâmetros e sistemática adotados, dentro do universo de espécies agroflorestais para a composição dos estudos, foram selecionadas 8 espécies, 2 pertencentes ao bioma mata atlântica e 6 espécies exóticas,

conforme observado na tabela 3.

Nome Científico	Nome Popular
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira vermelha
<i>Ficus clusiifolia</i> Schott	Ficus
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jamelão
<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira
<i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson x <i>Corymbia torelliana</i> F. Muell.	Eucalipto Toreliodora
<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake x <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	Eucalipto Urograndis
<i>Corymbia torelliana</i> F. Muell.	Eucalipto Toreliana
<i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson	Eucalipto Citriodora

Tabela 1. Espécies selecionadas para composição dos ensaios de quebra-ventos na ArcelorMittal Tubarão.

O plantio das espécies selecionadas foi realizado em novembro de 2015, no espaçamento de 1,5 x 1,5 metro em forma de quincôncio, reduzindo o efeito da formação de corredores de ventos entre as plantas.

O talude foi formado por 7 linhas de plantio, sendo 3 na crista (topo do talude) compostas pelas espécies de porte médio e alto, e duas linhas em cada lateral, compostas pelas espécies classificadas de porte baixo e médio.

As recomendações de adubação e calagem foram realizadas com base nos resultados das análises químicas do solo e baseadas na 5ª aproximação do manual de recomendação de adubação para as culturas cultivadas no estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007).

O monitoramento de altura das plantas foi realizado aos 6, 18 e 24 meses após o plantio, com expedições de campo para realização do levantamento da sobrevivência.

3 I RESULTADO E DISCUSSÃO

Na tabela 2 são apresentados os índices de sobrevivência observados em campo para as 8 espécies estudadas, bem como a média da sobrevivência geral do povoamento misto.

Nome Popular	Sobrevivência após plantio		
	6 meses	18 meses	24 meses
Eucalipto Toreliodora	100%	100%	99,09%
Eucalipto Urograndis	100%	95,15%	95,28%
Eucalipto Toreliana	100%	100%	99,09%
Eucalipto Citriodora	100%	99,07%	77,27%
Aroeira vermelha	100%	97,07%	97,07%
Jamelão	100%	100%	98,21%
Ficus	100%	97,78%	97,78%
Mangueira	100%	100%	81,25%
Média	100,00%	98,63%	93,13%

Tabela 2. Sobrevivência observada em campo ao longo do monitoramento.

Aos seis meses após o plantio foi observada uma sobrevivência de 100% das para todas as espécies estudadas, destacando a alta capacidade de adaptação das plantas no ambiente industrial na fase inicial. Esses resultados são atribuídos ao manejo empregado no plantio, tendo em vista o ambiente altamente antropizado pela ação da estocagem do carvão.

O monitoramento realizado aos 18 meses identificou alta sobrevivência para o híbrido de eucalipto torelidora e as espécies toreliana, jamelão e mangueira com sobrevivência em 100%.

Entretanto aos 18 meses após o plantio, foi verificado que híbrido urograndis apresentou a menor taxa de sobrevivência com 95,15%.

O monitoramento realizado aos 24 meses após o plantio, identificou que a espécie citriodora apresentou a menor taxa de sobrevivência, atingindo 77,27% de plantas em campo, seguida pela mangueira com 81,25%. Esse fato pode ser atribuído a menor adaptação das espécies ao spray salino, com alta concentração de sódio que interfere na capacidade de adaptação em plantas apresentando queima de gema apical e má formação de tecido vegetal (WANG & NIL, 2000).

O crescimento e desenvolvimento das plantas é influenciado pela altura de copa e competição quanto à luminosidade, nutrição e fertilidade do solo no mesmo espaçamento ocasionando a maior mortalidade das plantas menos adaptadas.

As espécies Eucalipto Toreliodora, Eucalipto Urograndis, Eucalipto Toreliana, Aroeira, Jamelão e Ficus apresentaram taxa de sobrevivência superior a 90%, demonstrando sua alta adaptação para formação de quebra-ventos no ambiente industrial e resistência ao spray salino da região.

Apesar de manga e citriodora apresentarem taxa de sobrevivência inferior quando comparado com as demais espécies estudadas, a taxa média de sobrevivência do plantio misto foi de 93,13% demonstrando que, para fins de quebra-ventos, as espécies se mostraram adaptadas e aptas para a formação de cinturão verde em ambiente industrial siderúrgico.

4 | CONCLUSÃO

As espécies com maior adaptação ao ambiente industrial para formação de quebra-ventos foram o híbrido torelidora e a toreliana, ambos com taxa de sobrevivência superior a 99%, sendo recomendadas para a formação de cinturão verde.

O monitoramento realizado aos 24 meses após o plantio, identificou que a espécie citriodora apresentou a menor taxa de sobrevivência, atingindo 77,27% de plantas em campo, seguida pela mangueira com 81,25%.

REFÊNCIAS

- Almeida, C. M. V. C. de; Müller, M. W.; Sena-Gomes, A. R. e Matos, P. G. G.. 2002. **Pesquisa em Sistemas Agroflorestais e Agricultura Sustentável: Manejo do Sistema**. Workshop Latino-americano sobre Pesquisa de Cacau, Ilhéus, Bahia, 22 – 24 de outubro de 2002. Anais com resumo expandido (CD-ROM). 2002
- ASSUNÇÃO, J.V. Poluição atmosférica. In: CASTELLANO, E. G. ed. **Desenvolvimento Sustentado: problema e estratégias**. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1998. P.271-308
- ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. **Melhoramento genético do eucalipto**. In: SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M. **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria, 2016. p. 225-247.
- Brandy, D.; Garraty, D. P.; Sanches, P. 1994. **El problema mundial de la agricultura de tala y quema**. *Agroforesteria en las Americas*, 1 (3):14-20 1994
- CHAVES, Arthur Pinto; FERREIRA, Flávio Moreira. **Apostila Estocagem e homogeneização**. São Paulo, 1996.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística**. VIÇOSA, MG: EDITORA UFV, 1997. v1. 442 p.
- FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. **Melhoramento genético florestal dos Eucaliptos no Brasil: breve histórico e perspectivas**. In: IUFRO. CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. Proceedings. Colombo: Embrapa/CNPQ, 1997. v.1, p.14-34.
- HERRMANN, H. A mineração sob a óptica legal. In: LINS, F. A. F., LOUREIRO, F. E. V. L., ALBUQUERQUE, G. A. S. Cavalcanti (Org.). **Brasil 500 anos: a construção do Brasil e da América Latina pela mineração**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000. p. 165-178.
- IBC. **Cultura do café no Brasil**. Rio de Janeiro. 1981, p.212-5.
- LAURET, TATIANE MANSK; DE PAULA, REGINALDO ROSA COTTO. **Estudo experimental em túnel de vento: análise da capacidade de um cinturão verde reter material particulado em indústria de mineração**. 2011
- LEAL. Quebra-ventos arbóreos: aspectos fundamentais de uma técnica altamente promissora. Informe de Pesquisa Nº 67. IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. 28 pp. (1986).
- MEDRADO, M. J. S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais** 2000
- Neumann, R., Schneider, C.L., Neto, A.A., **Caracterização Tecnológica de Minérios**. Em: Luz, A.B.,

Sampaio, J.A., Almeida, S.L.M., Tratamento de Minérios. 4 a ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.
OBOHO, E. G.; NWOBOSHI, L.C. Windbreaks: how well do they really work? Agroforestry Today, v. 3, n. 1, p. 15-16, 1991

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo**. 5. Aproximação. Vitória – ES: SEEA/ Incaper/Cedagro, 2007. 305 p.

SILVA, P.H.M.; BARRICHELO L.E.G. **Progressos recentes na área florestal**. In: PATERNIANI, E. Ciência, Agricultura e Sociedade. Embrapa, Brasília. p.439-456. 2006.

Wang Y, Nil N (2000) **Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in Amaranthus tricolor leaves during salt stress**. J Hortic Sci. Biotechnol.75, 623–627.

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS NA COMPOSIÇÃO DE QUEBRA-VENTOS EM PÁTIOS DE ESTOCAGEM DE CARVÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO

Aureliano Nogueira da Costa

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural
Vitória – Espírito Santo

Fabio Favarato Nogueira

Fundação de Desenvolvimento Agropecuário do
Espírito Santo
Vitória – Espírito Santo

Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural
Vitória – Espírito Santo

Bernardo Enne Corrêa da Silva

ArcelorMittal Tubarão
Serra – Espírito Santo

Maria da Penha Padovan

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural
Vitória – Espírito Santo

RESUMO: A estocagem de matéria-prima em pátios das empresas siderúrgicas gera um passivo ambiental devido ao arraste de material particulado ocasionado pela ação dos ventos. Assim, destaca-se a importância de desenvolvimento de tecnologia e inovação para identificar soluções que promovam a redução da velocidade do vento e do seu impacto no arraste de particulado. Nesse

contexto, foram instalados experimentos para identificar espécies agronômicas e florestais para composição de quebra-vento arbóreo no entorno das pilhas de estocagem de carvão. Os quebra-ventos arbóreos são barreiras vegetais que tem a finalidade de interceptar o fluxo de ar e reduzir a velocidade dos ventos. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento e desenvolvimento em altura de 8 espécies arbóreas com potencial para composição de quebra-ventos. Os experimentos foram instalados na face sudeste do pátio de estocagem de carvão da ArcelorMittal Tubarão, situada no município de Vitória, ES – Brasil. Por se tratar de região de aterro marinho, foi construído um talude na dimensão de 3,5 m de altura, 300 m de extensão e 11 m de largura, na proporção de 60% de terra vermelha, 30% terra da camada superficial de solo e 10% de material orgânico. O plantio de mudas de 8 espécies arbóreas foi realizado em novembro de 2015, no espaçamento de 1,5 x 1,5 m, em quincênio, sendo que as médias de altura foram submetidas a análise de variância e comparadas pelo Teste Tukey a 5% no software Genes. Os híbridos *toreliodora* e *urograndis*, e as espécies *Corymbia toreliana* e *Corymbia citriodora* tiveram o maior desenvolvimento atingindo 5,83, 5,77, 5,46 e 5,01 metros respectivamente. Jamelão, ficus e manga obtiveram o menor desenvolvimento, 3,36, 2,63

e 2,43 metros de altura.

PALAVRA-CHAVE: quebra-ventos, agrofloresta, pátios de estocagem, sistemas

ABSTRACT: In steel companies, the stock of raw material generates environmental liabilities due to the particulate matter spreading caused by the winds action. An alternative to the scatter reduction is the use of windbreaks around the stockpiles. Tree-windbreakers are vegetable barriers that aim airflow interception and wind speed reduction. The proposal of this paper was to evaluate eight tree species performance as windbreaks by the tree height measuring. Experiments were installed at ArcelorMittal Tubarão coal storage yard, located in the city of Vitória, Espírito Santo state - Brazil. As the experiment area was a landfill region, an embankment (3.5m high, 300 m long and 11m wide) was built being 60% red soil, 30% top soil and 10% organic matter. The seedlings (1.5 x 1.5m) were settled in November 2015 and monitored after a year. Data were submitted to variance analysis and compared by the Tukey Test (5%) by using Genes software. Hybrids *toreliodora* and *urograndis*, and species *Corymbia toreliana* and *Corymbia citriodora* presented the highest development reaching 5.83, 5.77, 5.46 and 5.01 meters respectively, while Jamelão, ficus and mango had the lowest with 3.36, 2.63 and 2.43 meters high.

KEYWORDS: windbreaks, agroforestry, storage yards.

1 | INTRODUÇÃO

A mineração é uma das atividades econômicas primordiais, já que a partir da produção de bens primários, irá prover insumos para diversas outras atividades econômicas, desde a agricultura até a indústria. (HERRMANN,2000).

O minério de ferro consiste na matéria prima essencial para diversos setores (NEUMANN et al., 2004).

Na indústria siderúrgica o minério de ferro, como sua principal matéria prima, é utilizado a partir do seu transporte e armazenamento nos pátios de estocagem (CHAVES e FERREIRA, 1996).

Porém, com a incidência dos ventos sobre as pilhas de estocagem a céu aberto, há o desprendimento da poeira do minério de ferro, e conseqüentemente o arraste do material particulado para a atmosfera (CHAVES e FERREIRA, 1996).

De acordo com a Usepa e a Who (2005), o material particulado, conhecido como poeira ou fumaça, é um poluente atmosférico composto por uma combinação de pequenas partículas líquidas e sólidas suspensas no ar, sendo a forma mais perceptível de poluição do ar em um centro urbano.

Assunção (1998) define poluição atmosférica como um fenômeno resultante especialmente das atividades humanas, que se amplia ainda mais com o crescimento industrial. Destaca-se ainda que um poluente atmosférico é qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, que presente na atmosfera pode torna-la poluída, assim

como o material particulado derivado do minério de ferro.

Uma alternativa para reduzir o arraste do material particulado é o emprego de cinturões verdes como forma de quebra-ventos, definidos como barreiras formadas por fileiras de árvores sistematizadas em direção perpendicular aos ventos predominantes (IBC, 1981).

Os quebra-ventos se comportam como uma barreira, de modo a inibir o fluxo de ar diminuindo a velocidade do vento. Dessa forma, os cinturões verdes auxiliam na redução dos poluentes atmosféricos por três mecanismos: absorção de gases pelas folhas, destituição de material particulado na superfície das folhas e precipitação de partículas à jusante da vegetação (LAURET et al., 2011).

Os quebra-ventos reduzem a velocidade do vento a uma distância equivalente à sua altura, dependendo da área sob proteção. Os quebra-ventos podem ser dispostos em fileiras únicas ou múltiplas, com uma ou várias espécies. (OBOHO & NWOBOSHI, 1991).

Os aspectos técnicos para a implantação dos quebra-ventos como altura, distância a ser protegida entre as barreiras, comprimento, densidade, espessura, disposição perpendicular, velocidade e direção do vento, composição e estrutura (espécies utilizadas), independentemente do material a ser utilizado, são fundamentais e determinantes para o sucesso dessa prática. (LEAL, 1896)

E entre os diversos tipos de sistema adotados na composição (formação) de quebra ventos arbóreos existem os sistemas agroflorestais. Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) são modelos de cultivos que mais se assemelham a floresta natural e que, por isso, são considerados como expressivas possibilidades de uso sustentável do ecossistema tropical úmido (ALMEIDA, MÜLLER e SENA-GOMES, 2002; NAIR, 1993).

O sistema tem sido utilizado eficientemente para acelerar os processos de restauração de ecossistemas (MONTAGNINI 1992; AMADOR 2003). As características de alta biodiversidade e a múltipla estratificação do sistema pode contribuir para o estabelecimento de quebra-ventos constituindo uma eficiente barreira física além de outras vantagens.

A tecnologia beneficia as características físicas, químicas e biológicas do solo, controla a erosão do solo, diminui as variáveis microclimáticas, recupera fragmentos florestais, fixa o nitrogênio, aumenta o teor de matéria orgânica e modifica a paisagem (MEDRADO, 2000).

Partindo desse pressuposto, esse estudo tem por objetivo avaliar o desenvolvimento em altura de espécies florestais com potencial para a composição de quebra-ventos em pátios de estocagem da indústria ArcelorMittal Tubarão, com o objetivo de reduzir a velocidade dos ventos que incidem nas pilhas de estocagem e conseqüentemente reduzir o arraste de material particulado para as regiões circunvizinhas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental adjacente ao pátio de estocagem de carvão da empresa ArcelorMittal Tubarão, situada no município de Vitória – ES, com coordenadas geográficas 40°13'27,6" W e 20°15'27,5" S ao nível do mar.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é tropical chuvoso (Aw), apresentando verão chuvoso e outras estações parcialmente secas. A temperatura média anual é de 24,8°C, pluviosidade média em torno de 1100 mm e temperaturas anuais variando entre 11,8°C e 34°C no mês mais frio e quente respectivamente.

Para a implantação do experimento na área industrial, devido ao local ser caracterizado por um aterro marinho com solo compactado e pedregoso, foi necessário a construção de talude para plantio das espécies florestais.

O talude foi construído em dimensões de 300 metros de extensão, 11 metros de largura da base, 5 metros de largura da crista e 3,5 metros de altura (figura 1), utilizando 60% de terra vermelha, 30% de terra preta e 10% de material orgânico.

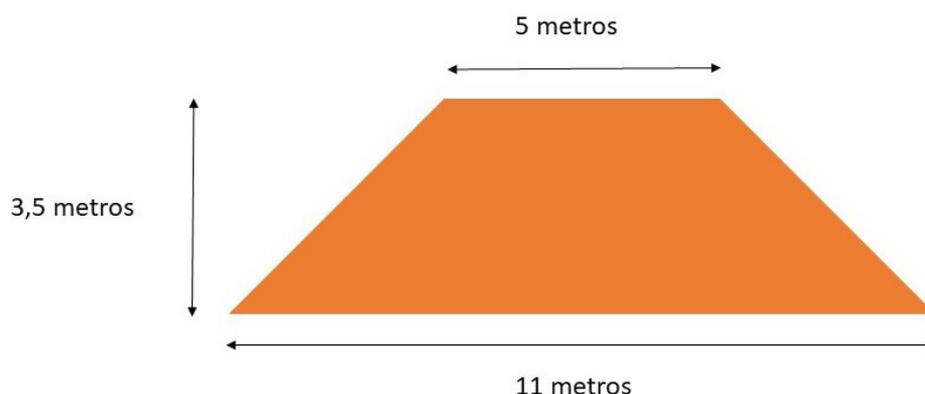


Figura 1. Perfil do talude construído para o plantio das espécies florestais.

Fonte: O autor

A seleção das espécies se deu na busca da manutenção da porosidade uniforme do quebra-vento na área experimental, separando em três extratos a barreira de vento, sendo eles o extrato baixo, médio e alto.

Para a composição de cada extrato foram selecionadas espécies com o desenvolvimento em altura compatível com o proposto, de forma que no extrato baixo as árvores devem atingir entre 3 e 7 metros, para o extrato médio a altura deve variar entre 7 e 15 metros e para o extrato alto as árvores devem ultrapassar os 15 metros de altura.

Além da classificação em desenvolvimento em altura, foram levados em considerações diversos fatores relativos às espécies florestais, sendo eles:

- Adaptação edafoclimática;
- Rusticidade;
- Tipo de folhas;
- Porte;
- Velocidade de crescimento;
- Ciclo de vida;
- Queda das folhas;
- Bioma de origem.

Para a interação de todas as características desejadas, foi elaborado um sistema de classificação atribuindo notas para cada critério considerado (tabela 1 e tabela 2), escolhendo as espécies com as notas mais altas dentre um universo de espécies levantadas.

Crescimento em Altura			Nota
Porte Alto	Porte Médio	Porte Baixo	
Superior a 25m	Entre 12 e 15m	Entre 5 e 7m	3
Entre 20 a 25m	Entre 10 e 12m	Entre 3 e 5m	2
Entre 15 e 20m	Entre 7 e 10m	Abaixo de 3m	1

Tabela 1. Notas atribuídas para o critério de crescimento em altura.

Velocidade de Crescimento	Rápido	Moderado	Lento
Nota	6	4	2
Ciclo de Vida	Acima de 40 anos	20 a 40 anos	Abaixo de 20 anos
Nota	3	2	1
Queda de Folhas	Perenifólia	Semicaducifólia	Caducifólia
Nota	3	2	1
Copa	Densa	Média	Rala
Nota	6	4	2
Bioma de Origem	Mata Atlântica	Outro Bioma Brasileiro	Exóticas
Nota	3	2	1

Tabela 2. Notas atribuídas para os critérios de velocidade de crescimento, ciclo de vida, queda e folhas, densidade de copa e bioma de origem.

Dessa forma, levando em consideração os parâmetros e sistemática adotados, dentro do universo de espécies florestais levantadas para a composição dos estudos, chegou-se ao número de 8 espécies, 2 pertencentes ao bioma mata atlântica e 6

espécies exóticas, conforme observado na tabela 3.

Nome Científico	Nome Popular
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira vermelha
<i>Ficus clusiifolia</i> Schott	Ficus
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jamelão
<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira
<i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K.D Hill & L.A.S. Johnson x <i>Corymbia torelliana</i> F. Muell.	Eucalipto Toreliodora
<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake x <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	Eucalipto Urograndis
<i>Corymbia torelliana</i> F. Muell.	Eucalipto Toreliana
<i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson	Eucalipto Citriodora

Tabela 3. Espécies selecionadas para composição dos ensaios de quebra-ventos na ArcelorMittal Tubarão.

O plantio das espécies selecionadas foi realizado em novembro de 2015, seguindo espaçamento de 1,5 x 1,5 metro em forma de quincôncio, reduzindo o efeito da criação de corredores de ventos entre as plantas.

Com isso, o talude tomou configuração com 7 linhas de plantio, sendo 3 na crista compostas pelas espécies de porte médio e alto, e duas linhas em cada lateral, compostas pelas espécies classificadas de porte baixo e médio.

As recomendações de adubação e calagem foram realizadas em reposta às análises químicas do solo e baseadas na 5ª aproximação do manual de recomendação de adubação para as culturas cultivadas no estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007).

O monitoramento de altura foi realizado aos 24 meses após o plantio, por meio de régua telescópica. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância ao nível de significância de 5% e as médias de altura comparadas por meio de teste Tukey utilizando o software Genes da Universidade Federal de Viçosa (CRUZ, 1997).

O experimento foi conduzido por meio do delineamento em blocos casualizados com 8 repetições (espécies) e 9 blocos, sendo a fonte de variação a proximidade com o mar e incidência do spray marinho que incidem nas plantas.

3 | RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para o desenvolvimento em altura das plantas, conforme observado na tabela 4.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	8	1,5964	0,19955	
Tratamento	7	124,5238	17,78911	257,06*
Resíduo	56			
Total	71	129,9955		

Tabela 4. Análise de variância referente à altura das plantas.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

De acordo com a significância observada na análise de variância, as médias foram comparadas por meio do teste Tukey, sendo os resultados observados na tabela 5.

Espécie	Altura (m)
Eucalipto Toreliodora	5,83 a*
Eucalipto Urograndis	5,77 a
Eucalipto Toreliana	5,46 a
Eucalipto Citriodora	5,02 ab
Aroeira vermelha	3,75 bc
Jamelão	3,36 c
Ficus	2,63 c
Mangueira	2,43 c
Média	4,28

Tabela 5. Comparação da média de altura das plantas.

*Médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As espécies do gênero *Corymbia*, *toreliodora*, *urograndis*, *toreliana* e *citriodora*, apresentaram os maiores desenvolvimentos em altura observando médias de altura de 5,83, 5,77, 5,46 e 5,02 metros respectivamente, não demonstrando diferença estatística significativa.

Esta superioridade no desenvolvimento é explicada pelo longo trabalho de melhoramento genético realizado em diversas espécies e híbridos interespecíficos deste gênero.

De acordo com Assis (2016) os estudos com melhoramento genético do gênero *Corymbia* tiveram início a partir do ano de 1904 por meio de pesquisas desenvolvidas pelo Dr. Edmundo Navarro de Andrade. O início das pesquisas se deu com a introdução de espécies com o objetivo de identificar a adaptação edafoclimática no Brasil para o fornecimento de madeira e para a geração de energia e uso em diferentes áreas (FERREIRA; SANTOS, 1997; SILVA; BARRICHELLO 2006).

Entretanto, o grande salto no melhoramento genético brasileiro do gênero se deu a partir da década de 1960, com incentivos fiscais do governo, com volumosos plantios em todo o Brasil para atender as mais variadas finalidades (SILVA; BARRICHELO,

2006; ASSIS, 2016).

Apesar disso, eucalipto citriodora não apresentou diferença estatística significativa em relação à aroeira vermelha, atingindo médias de altura de 5,02 e 3,75 metros, explicada pela qualidade das mudas de citriodora expedidas para campo, apresentando desenvolvimento desproporcional entre parte aérea e sistema radicular.

Por último, aroeira vermelha, jamelão, ficus e mangueira não se diferiram estatisticamente para a média de altura, observando médias de altura de 3,75, 3,36, 2,63, 2,43 metros.

Para essas espécies não existem programas de melhoramento relevantes para a seleção de genótipos de produção de madeira, pois economicamente o objetivo dessas espécies é a produção de frutos, aroeira, jamelão e mangueira, ou possuem madeira de baixa densidade e de baixo valor agregado, para o caso do ficus.

Além disso, essas espécies possuem desenvolvimento lento, quando comparado com o gênero *Corymbia*, porém possuem alto potencial na formação dos extratos médios e alto do quebra-vento, visto que essas espécies apresentam elevada densidade de copa.

4 | CONCLUSÃO

O gênero *Corymbia* é recomendado para a composição do extrato médio e alto de quebra-ventos.

A aroeira vermelha apresentou desenvolvimento em altura satisfatório de e deve ser utilizada para compor o extrato baixo de quebra-ventos.

Há a necessidade de maior observação em relação a manga, jamelão e ficus, visto o potencial de crescimento e de formação de copa dessas espécies.

REFÊNCIAS

Almeida, C. M. V. C. de; Müller, M. W.; Sena-Gomes, A. R. e Matos, P. G. G.. 2002. **Pesquisa em Sistemas Agroflorestais e Agricultura Sustentável: Manejo do Sistema**. Workshop Latino-americano sobre Pesquisa de Cacau, Ilhéus, Bahia, 22 – 24 de outubro de 2002. Anais com resumo expandido (CD-ROM). 2002

AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 333-340.

ASSUNÇÃO, J.V. Poluição atmosférica. In: CASTELLANO, E. G. ed. **Desenvolvimento Sustentado: problema e estratégias**. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1998. P.271-308

ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. **Melhoramento genético do eucalipto**. In: SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M. Silvicultura do eucalipto no Brasil. Santa Maria, 2016. p. 225-247.

Brandy, D.; Garraty, D. P.; Sanches, P. 1994. **El problema mundial de la agricultura de tala y quema**. Agroforesteria en las Americas, 1 (3):14-20 1994

CHAVES, Arthur Pinto; FERREIRA, Flávio Moreira. Apostila Estocagem e homogeneização. São Paulo, 1996.

CRUZ, C. D. **Programa Genes** - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. VIÇOSA, MG: EDITORA UFV, 1997. v.1. 442 p.

FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. **Melhoramento genético florestal dos Eucaliptos no Brasil: breve histórico e perspectivas**. In: IUFRO. CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. Proceedings. Colombo: Embrapa/CNPF, 1997. v.1, p.14-34.

HERRMANN, H. A mineração sob a óptica legal. In: LINS, F. A. F., LOUREIRO, F. E. V. L., ALBUQUERQUE, G. A. S. Cavalcanti (Org.). **Brasil 500 anos: a construção do Brasil e da América Latina pela mineração**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000. p. 165-178.

IBC. **Cultura do café no Brasil**. Rio de Janeiro. 1981, p.212-5.

LAURET, TATIANE MANSK; DE PAULA, REGINALDO ROSA COTTO. **Estudo experimental em túnel de vento: análise da capacidade de um cinturão verde reter material particulado em indústria de mineração**. 2011

LEAL. Quebra-ventos arbóreos: aspectos fundamentais de uma técnica altamente promissora. Informe de Pesquisa Nº 67. IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. 28 pp. (1986).

MEDRADO, M. J. S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais 2000**

MONTAGNINI, F. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones em los trópicos. 2a.ed. San Jose: Organización Estudios Tropicales, 1992.

NAIR, P. K. R. An introduction to Agroforestry. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers with ICRAF. 1993. p. 496.

Neumann, R., Schneider, C.L., Neto, A.A., **Caracterização Tecnológica de Minérios**. Em: Luz, A.B., Sampaio, J.A., Almeida, S.L.M., Tratamento de Minérios. 4 a ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.

OBOHO, E. G.; NWOBOSHI, L.C. Windbreaks: how well do they really work? Agroforestry Today, v. 3, n. 1, p. 15-16, 1991

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo. 5. Aproximação. Vitória – E.: SEEA/Incap/ Cedagro, 2007. 305 p.

SILVA, P.H.M.; BARRICHELO L.E.G. **Progressos recentes na área florestal**. In: PATERNIANI, E. Ciência, Agricultura e Sociedade. Embrapa, Brasília. p.439-456. 2006.

DESENVOLVIMENTO E MULTIPLICAÇÃO DA JOANINHA *CRYPTOLAEMUS MONTROUZIERI* NO CONTROLE BIOLÓGICO DA COCHONILHA ROSADA

Leonardo Leite Fialho Júnior

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cáceres, MT, Laboratório de Fitossanidade (FitLab)

Lucas Alves do Nascimento Silva

Instituição de Ensino, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cáceres, MT, Laboratório de Fitossanidade (FitLab)

Isabel Carolina de Lima Santos

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cáceres, MT, Laboratório de Fitossanidade (FitLab)

Alexandre dos Santos

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cáceres, MT, Laboratório de Fitossanidade (FitLab)

RESUMO: A cochonilha-rosada *Maconellicoccus hirsutus* é uma espécie polífaga e causa malformação de folhas e brotos e, em alguns casos, a morte das plantas hospedeiras. O método de controle tradicional de *M. hirsutus*, como o controle químico, não traz resultado significativo devido à biologia e comportamento deste inseto e pode resultar em impactos negativos ao homem e ambiente. Diante disto, o uso do controle biológico se torna a forma mais eficaz e sustentável para controlar esse inseto. Dentre os inimigos naturais de *M.*

hirsutus, a joaninha predadora *Cryptolaemus montrouzieri* ganha cada vez mais destaque nos programas de controle biológico no Brasil e o domínio operacional da criação massal deste inseto pode ser fundamental para o sucesso dos programas de manejo integrado de insetos de importância econômica nos setores produtivos.

PALAVRAS-CHAVE: *Maconellicoccus hirsutus*, manejo integrado de insetos de importância econômica, criação massal de insetos.

ABSTRACT: The pink mealybug *Maconellicoccus hirsutus* is a polyphagous species and causes malformation of leaves and shoots and, in some cases, death of host plants. The traditional control method of *M. hirsutus*, as the chemical control, does not bring significant results due to the biology and behavior of this insect and may be cause negative impact to human and environment. In view of this, the use of biological control becomes the most effective and sustainable way to control this insect. Among the natural enemies of *M. hirsutus*, the predatory ladybug *Cryptolaemus montrouzieri* is gaining more prominence in biological control programs in Brazil and the mastery of good techniques of management of mass rearing of this insect can be fundamental for the success of the management integrated of insects of economic importance in the productive sectors.

KEYWORDS: *Maconellicoccus hirsutus*, integrated pest management, insect mass rearing.

1 | INTRODUÇÃO

A cochonilha-rosada *Maconellicoccus hirsutus* (Green, 1908) (Hemiptera: Pseudococcidae) é uma espécie polífaga, que se alimenta de uma ampla variedade de espécies de plantas hospedeiras ornamentais e agrícolas (KAIRO et al., 2000), causando malformação de folhas e brotos, além de crescimento apical encarquilhado, devido à saliva tóxica por ela injetada durante a alimentação, resultando em deformações e, em alguns casos, a morte das plantas (BROGLIO et al., 2015; CULIK et al., 2013; MARTINEZ RIVERO, 2007; NARDO et al., 1999). *M. hirsutus* responde por grandes perdas econômicas para diversas culturas ao longo do globo (PERSAD e KHAN, 2000).

A cochonilha *M. hirsutus* ocorre na Ásia, África, Austrália, Ilhas do Pacífico e Américas. Seu primeiro registro no Brasil ocorreu em 2010, no Estado de Roraima, próximo a Venezuela e Guiana (MARSARO JÚNIOR et al., 2013) e posteriormente em Espírito Santo, Mato Grosso, Alagoas, Bahia e Santa Catarina (PERONTI et al., 2016).

O controle químico da *M. hirsutus* não mostra resultados significativos, visto que este inseto vive em áreas protegidas nas plantas, como rachaduras das cascas, pecíolos e fendas, além da presença de uma grossa camada de cera no corpo deste inseto, e ainda possui ovos protegidos pela secreção filamentosa no ovissaco, que funcionam como barreira de proteção e interferem na penetração e ação dos inseticidas (BARBOSA et al., 2008).

Alternativamente, o que vem sendo utilizado em alguns países é o controle biológico, que utiliza parasitóides e predadores (inimigos naturais) para controle de insetos que causam danos à produção. Dentre as espécies de inimigos naturais de *M. hirsutus*, uma das mais promissoras é a joaninha *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, 1853 (Coleoptera: Coccinellidae), muito utilizada em programas de controle biológico no Brasil (SANCHES e CARVALHO, 2010). O controle biológico com *C. montrouzieri* pode ser a forma mais eficaz e sustentável para controlar *M. hirsutus*, reduzindo as perdas nas áreas de produção e o uso de defensivos químicos sintéticos.

2 | ASPECTOS BIOLÓGICOS E COMPORTAMENTAIS

2.1 COCHONILHA ROSADA *Maconellicoccus hirsutus*

A fêmea adulta de *Maconellicoccus hirsutus* mede cerca de 3 mm de comprimento e é áptera, antenas com 9 segmentos, de cor rosa-acinzentada e hemolinfa rosada,

com uma camada branca floculada cobrindo a superfície dorsal, e apresenta dois filamentos cerosos caudais muito pequenos e filamentos laterais ausentes (Figura 1) (TAMBASCO et al., 2000).



Figura 1. Indivíduo fêmea de *Maconellicoccus hirsutus* em muda de *Tectona grandis* (teca).

Os machos de *Maconellicoccus hirsutus* são menores que as fêmeas, com cerca de 1 mm de comprimento, alaranjados, têm um par de asas e dois filamentos caudais cerosos, não apresentam aparelho bucal, logo, não se alimentam e vivem por apenas alguns dias, apenas para se acasalarem (Figura 2).



Figura 2. Indivíduo macho de *Maconellicoccus hirsutus*.

A colônia das cochonilhas se apresenta geralmente agregada e é formada pela sobreposição de gerações (ninfas de diferentes ínstares e fases de desenvolvimento) e possuem inúmeros ovissacos contendo os ovos das cochonilhas, apresentando-se com aspecto cotonoso e ceroso (Figura 3).

As ninfas de primeiro ínstar têm cerca de 0,3 mm de comprimento, são de coloração rosa, apresenta formato oval com pernas bem definidas e antenas, e não possuem o revestimento ceroso do corpo. São móveis, se estabelecem no hospedeiro vegetal e iniciam seu desenvolvimento, que tem duração de 10 a 22 dias. Ninfas masculinas e femininas são distinguíveis no final do segundo ínstar. O macho tem quatro ínstares de $6,60 \pm 0,50$ dias, $6,51 \pm 0,51$ dias, um dia e $5,59 \pm 0,69$ dias cada, enquanto as fêmeas têm três ínstares de $6,71 \pm 0,47$ dias, $6,55 \pm 0,52$ dias e $7,9 \pm 0,79$ dias. No final do segundo ínstar, os machos produzem casulos semelhantes a algodão (pupários) (MANI, 1989).



Figura 3. Colônia de *Maconellicoccus hirsutus* em muda de *Tectona grandis* (teca).

A reprodução pode ocorrer de forma sexual ou partenogênica, contudo, a sexual ocorre com muito mais frequência, com razão sexual de 1:1. Cerca de 300 a 600 ovos são depositados em um ovissaco branco de forma irregular que se assemelha ao algodão (aspecto cotonoso). Em clima tropical a cochonilha-rosada *Maconellicoccus hirsutus* leva de 23 a 30 dias para completar seu ciclo de vida (Figura 4) (MEYERDIRK et al., 1998).

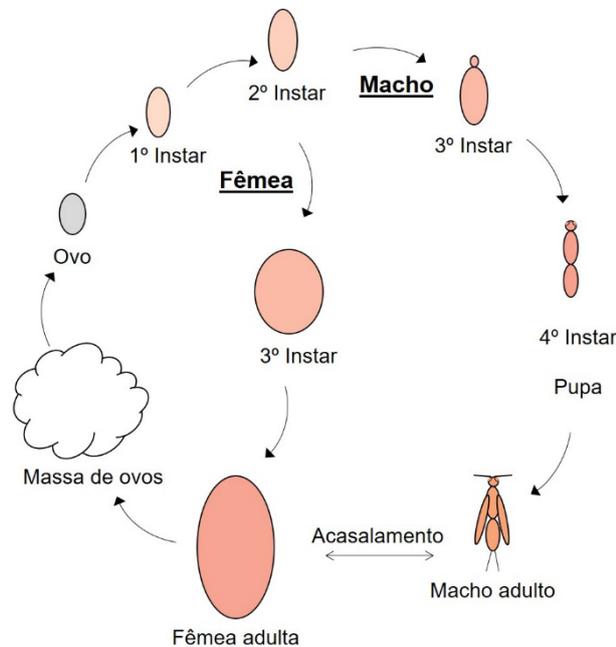


Figura 4. Ciclo de vida de *M. hirsutus*.

2.2 JOANINHA *Cryptolaemus montrouzieri*

Os insetos adultos de *Cryptolaemus montrouzieri* medem aproximadamente 4 mm de comprimento, tem formato oval, possui coloração marrom-escura, com a cabeça e a parte posterior do abdome de cor castanho claro (alaranjado) (Figura 5). A distinção sexual pode ser realizada pela diferenciação da cor do primeiro par de pernas, que nas fêmeas são pretos e nos machos são marrom-alaranjadas (Figura 6) (PERSAD e KHAN, 2000; 2002).

C. montrouzieri é considerado um superpredador de cochonilhas (Hemiptera: Pseudococcidae) e outros insetos, pois, utiliza suas presas como alimento em todos os estádios de seu desenvolvimento (GOSALWAD et al., 2009). Adultos e larvas de *C. montrouzieri* alimentam-se de todos os estágios da cochonilha, mas eles têm preferência por ovos. Estima-se que uma única larva de *C. montrouzieri* pode consumir até 250 cochonilhas pequenas e quando adultas, além de suas presas servirem como alimento, também as utilizam como estruturas para deposição de seus ovos após a reprodução (GRAVENA, 2003).



Figura 5. Vista dorsal de indivíduo adulto de *Cryptolaemus montrouzieri*.



Figura 6. Vista ventral de indivíduo adulto de *Cryptolaemus montrouzieri*, fêmea (à esquerda) e macho (à direita).

Os adultos vivem até 4 meses e após 4 dias nessa fase, as fêmeas iniciam a postura de ovos, que podem chegar a 400 ovos durante a sua vida (GRAVENA, 2003). Em condições de laboratório, a oviposição média pode chegar a 811 ovos/fêmea (Figura 7), sendo que destes, 62% terão viabilidade (SANCHES e CARVALHO, 2010). Os ovos são depositados sobre a massa cotonosa produzida pela colônia de cochonilhas (Figura 8) e eclodem após aproximadamente 5 dias (PERSAD e KHAN, 2000; 2002).



Figura 7. Fêmea de *Cryptolaemus montrouzieri* depositando seus ovos.

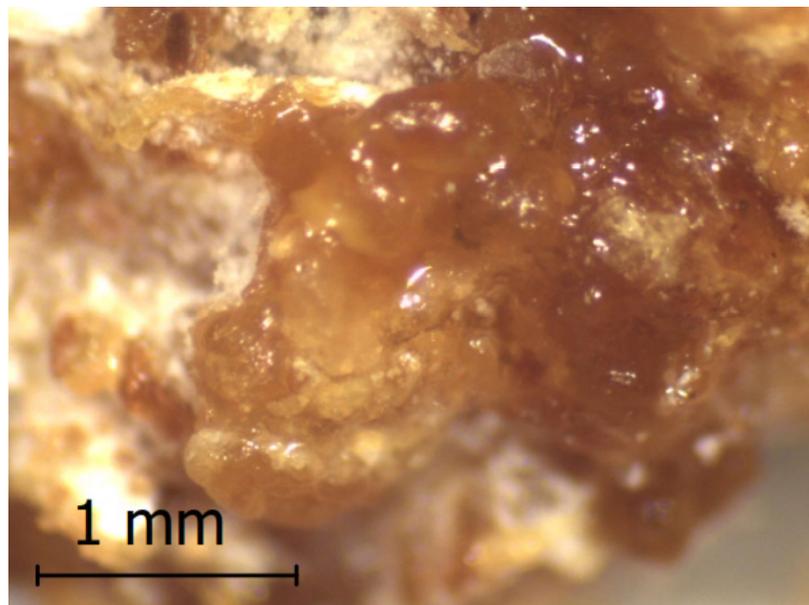


Figura 8. Massa de ovos de *Cryptolaemus montrouzieri*.

A fase larval compreende quatro estádios de desenvolvimento (Figura 9), tendo uma duração média de 15 dias. As larvas recém-eclodidas de *Cryptolaemus montrouzieri* possuem a cabeça e o corpo bem definidos e crescem até 13 mm de comprimento. Convivem entre as ninfas e os adultos da cochonilha, são cobertas com longos filamentos cerosos brancos, sendo que, a sua aparência nestes estádios é semelhante à da cochonilha (mimetismo), devido aos apêndices de cera branca que deixam os três pares de pernas semiescondidos sob o corpo, quando vistas dorsalmente. Durante esse período alimentam-se de ovos, ninfas e do exsudado açucarado (“honeydew”) excretado pelas cochonilhas (GRAVENA, 2003; SANCHES e CARVALHO, 2010).

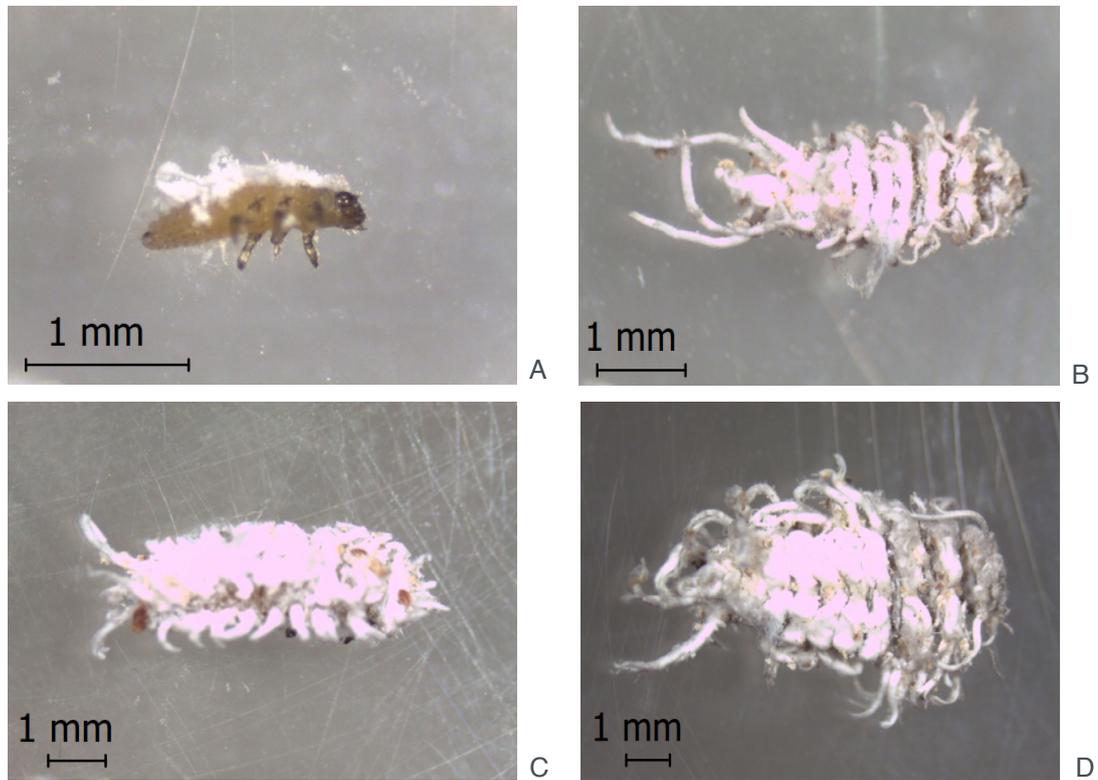


Figura 9. Estádios larvais de *Cryptolaemus montrouzieri*: Primeiro ínstar (A), segundo ínstar (B), terceiro ínstar (C) e quarto ínstar (D).

Aproximadamente 15 dias após a eclosão, as larvas preparam-se para empupar movendo-se para áreas protegidas, como a parte inferior das folhas e fendas da casca. O estágio de pupa dura em média 7 dias (Figura 10).



Figura 10. Larva de *Cryptolaemus montrouzieri* em estágio de pupa.

Cryptolaemus montrouzieri possui um ciclo de vida de aproximadamente 30 dias, sob temperatura de 26°C (GRAVENA, 2003; SANCHES e CARVALHO, 2010). Estudos

da relação da temperatura com o predador indicaram que a temperatura ideal para o desenvolvimento e reprodução para esta joaninha está em torno de 30°C, e que o consumo de alimento apresenta correlação positiva com a temperatura e a densidade populacional da presa, quanto mais avançado o estágio de desenvolvimento e aumento da temperatura, resulta em maior consumo alimentar por esses predadores (HODEK, 1967; BABU e AZAM, 1987).

Cryptolaemus montrouzieri tem papel fundamental em programas de controle biológico de *M. hirsutus* visto que em todos os períodos do seu ciclo de vida predam as cochonilhas.

2.3 MICROHIMENÓPTERO *Anagyrus kamali*

O parasitóide *Anagyrus kamali* Moursi, 1948 (Hymenoptera: Encyrtidae) é de origem sul-asiática, foi introduzido e se estabeleceu nas Américas e é hoje de distribuição quase cosmopolita. É um endoparasitóide solitário, hospedeiro da cochonilha rosada *Maconellicoccus hirsutus*, no entanto, ataca também outras espécies de cochonilhas da família Pseudococcidae (SAGARRA, 1999).

A fêmea adulta possui comprimento entre 0,95 e 1,93 mm cabeça e tórax na maior parte alaranjados, área ao redor do aparelho bucal e abaixo dos olhos geralmente marcados com marrom, primeiro segmento de antena são mais longos e fortemente ampliados e achatados (GIBSON et al., 1997; SAGARRA, 1999) (Figura 11).



Figura 11. Fêmea adulta do parasitóide *Anagyrus kamali*.

O macho adulto possui comprimento entre 0,65 e 0,98 mm, cabeça laranja, são de cor marrom próximo ao aparelho bucal, entre antenas e na área ocular, o escapo é ligeiramente alargado e não laminar (GIBSON et al., 1997; SAGARRA, 1999).

Anagyrus kamali ataca todas as fases de desenvolvimento do hospedeiro, nos quais dois ou mais ovos podem ser depositados sobre o hospedeiro. A fecundidade de

A. kamali é de 40 a 90 ovos/fêmea e a maior parte é depositada em até 5 dias após o início da oviposição, detendo esse inseto, uma longevidade média de 4 a 5 semanas (SAGARRA, 1999; PERSAD e KHAN, 2002).

A. kamali é um inimigo natural muito eficiente no parasitismo de *M. hirsutus* e já foi introduzido em diferentes partes do mundo para o controle biológico da cochonilha rosada, contribuindo com reduções acima de 75% da população desta cochonilha (ABD-RABOU, 2005; PERSAD e KHAN, 2002). A biologia e comportamento deste parasitoide revela que esse microhimenópero é também um importante aliado e pode ser consorciado com outros inimigos naturais, como predadores e outros parasitoides, em programas de controle biológico da cochonilha rosada (PERSAD e KHAN, 2002).

3 | MÉTODO DE CRIAÇÃO E PRODUÇÃO DE *CRYPTOLAEMUS MONTROUZIERI*

3.1 Introdução

Para garantir o controle biológico aplicado, parte integrante de programas de manejo integrado de insetos de importância econômica, é necessário o desenvolvimento de técnicas para criação e multiplicação massal de inimigos naturais. Assim, estes insetos podem ser disponibilizados e utilizados nas áreas produtivas, como alternativa sustentável de controle populacional de insetos de importância econômica, devido ao manejo adequado e redução do uso de inseticidas químicos.

No Brasil, *Cryptolaemus montrouzieri* (Figura 12) foi introduzida pelo Laboratório de Entomologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia, como alternativa para o controle biológico de cochonilhas sem carapaça e pulgões em cultivos de importância econômica e, adicionalmente, como forma estratégica e proativa de controle biológico clássico da cochonilha rosada *Maconellicoccus hirsutus* (SANCHES e CARVALHO, 2010).



Figura 12. Indivíduos adultos de *Cryptolaemus montrouzieri*.

3.2 Criação massal da presa

Como hospedeiro para *Maconellicoccus hirsutus*, são utilizados frutos de abóbora cabotiá (*Cucurbita máxima*), que são previamente higienizados com água, sabão e escova, mergulhados em solução de hipoclorito de sódio com concentração de 0,03% por 15 minutos e secos com papel absorvente.

Os frutos são mantidos em pedestais de 10cm de altura, feitos com cano de PVC 100mm, inseridos em bandejas plásticas de polietileno contendo água. As bandejas são dispostas em estantes de aço, dentro da sala de criação (Figura 13), com temperatura de $27 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e oscotofase de 24 horas (NEGRINI et al., 2017; SANCHES e CARVALHO, 2010). Após estabelecimento da colônia inicial, as cochonilhas iniciam o processo de multiplicação até total infestação dos frutos de abóbora. Este período tem duração aproximada de 30 dias.



Figura 13. Criação massal da cochonilha (presa) em laboratório.

Como alternativa de alimento para a joaninha predadora *C. montrouzieri*, pode ser utilizada a cochonilha dos citros *Planococcus citri* (Risso) (SANCHES e CARVALHO, 2010), cujo método de criação massal é o mesmo para a cochonilha *M. hirsutus* ou ainda, fazer o uso de dietas artificiais, ainda inexistente, o que torna o manejo de criação do predador menos trabalhoso e oneroso.

3.2 Criação massal do predador

Para o início da criação, devem ser obtidas fêmeas, machos, larvas ou massas de ovos de *C. montrouzieri*, oriundas de criações estoque como as do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (DEN/UFLA), Lavras, Minas Gerais ou Laboratório de Fitossanidade (FitLab) do IFMT Campus Cáceres, Cáceres, Mato Grosso.

Os adultos são mantidos em gaiolas, confeccionadas em potes de polipropileno transparentes, onde são disponibilizados água e alimento. A água é disponibilizada em um pedaço de algodão umedecido, que é disposto em fundo de placa de Petri de 3 cm, sendo trocada a cada dois dias. Massas da presa são colocadas em placas de Petri de 3cm com auxílio de pincel, para alimentação e oviposição de *C. montrouzieri*, devendo ser trocada a cada dois dias (Figura 14).



Figura 14. Gaiolas para criação massal de *Cryptolaemus montrouzieri* (predador) em laboratório.

As massas com ovos de *C. montrouzieri* devem ser transferidas para fundos de placas de Petri de 9 cm, onde, após eclosão da larva do ovo, se desenvolvem os diferentes instares até o estágio de pupa. Para as larvas, é disponibilizado água em um pedaço de algodão umedecido e massas da presa como alimento até que todas as larvas empupem (Figura 15).

Após a eclosão das pupas (Figura 16), os adultos de *C. montrouzieri* são transferidos para as gaiolas para reprodução e oviposição. *C. montrouzieri* apresenta, em média, o seguinte ciclo biológico: ovo (5 dias); fase larval composta de 4 estádios (15 dias); fase pré-pupal (3 dias); fase pupal sésil (7 dias); longevidade do adulto de 72,4 dias; maturidade sexual de 2,7 dias; e oviposição média de 811 ovos/fêmea (SANCHES e CARVALHO, 2010).



Figura 15. Estádios larvais de *Cryptolaemus montrouzieri* (predador) se desenvolvendo em placas de Petri em laboratório.



Figura 16. Adultos de *Cryptolaemus montrouzieri* recém eclodidos da pupa em placas de Petri em laboratório.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da joaninha *C. montrouzieri* se apresenta no método mais efetivo, seguro e ambientalmente correto para o controle da cochonilha rosada e se encontra alinhada com atuais demandas de redução/proibição do emprego de substância químicas sintéticas requeridas pela sociedade e órgãos governamentais. Ainda existem entraves para a completa adoção desse método, como dificuldades técnicas na operacionalização e o ainda alto custo de produção de *C. montrouzieri*, porém novas tecnologias devem ser prospectadas, como o desenvolvimento de dietas artificiais em substituição a presa, o que diminuiria exponencialmente o problema de produção massal de joaninhas. A abordagem apresentada busca restabelecer o equilíbrio ecológico entre os organismos vivos e visa a sustentabilidade ambiental na produção de recursos naturais renováveis pelo homem.

REFERÊNCIAS

- ABD-RABOU, S. The effect of augmentative releases of indigenous parasitoid, *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae) on populations of *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Egypt. **Archives of Phytopathology and Plant Protection** v. 38, n.2, p. 129-132, 2005
- BABU, T. R.; AZAM, K. M. Biology of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coccinellidae: Coleoptera) in relation with temperature. **Entomophaga**, Paris, v.32, n.4, p. 381-386, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02372447>
- BARBOSA, F. R.; JORDÃO, B. A.; SÁ, L. A. N.; SANTOS, R. N.; SILVA, R. A. **Pragas Quarentenárias que Ameaçam a Cultura da Mangueira no Brasil**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. p. 8-9, il. (Embrapa Semiárido. Documentos, 87).
- BROGLIO, S. M. F.; CORDERO, E. P.; SANTOS, J. M.; MICHELETTI, L. B. Registro da cochonilha-rosada-do-hibisco infestando frutíferas em Maceió, Alagoas, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 242-248, abr. –jun., 2015.
- GIBSON, G. A. P.; HUBNER, J. T.; WOOLLEY, J. B. **Annotated keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)**. Ottawa: NCR Research Press, 1997. 794p.
- GOSALWAD, S. S.; BHOSLE, B.B.; WADNERKAR, D.W.; ILYAS, M.; KHAN, F. S. Biology and feeding potential of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) on *Maconellicoccus hirsutus* and *Phenacoccus solenopsis*. **Journal of Plant Protection and Environment**, v. 6, n. 2, p. 73-77, 2009.
- GRAVENA, S. Manejo ecológico da cochonilha branca, com ênfase no controle biológico pela joaninha *Cryptolaemus montrouzieri*. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 1, p. 71-82, 2003.
- HODEK, I. Bionomics and ecology of predaceous Coccinellidae. **Annual Review of Entomology**, v. 12, n. 1, p. 79-104, 1967.
- KAIRO, M. T. K.; Pollard, G. V.; Peterkin, D. D.; Lopez, V. F. Biological control of the hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* Green (Hemiptera: Pseudococcidae) in the Caribbean. **Integrated Pest Management Reviews**, New York, v. 5, n. 4, p. 241–254, 2000. DOI: 10.1023/A:1012997619132
- MANI, M. A review of the pink mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Green). **International Journal of Tropical Insect Science**, Cambridge, v. 10, n. 2, p. 157-167, 1989.
- MARTINEZ RIVERO, M. Á. La cochinilla rosada del hibisco, *Maconellicoccus hirsutus* (Green), un peligro potencial para la agricultura cubana. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 22, n. 3, p. 166-182, 2007.
- MEYERDIRK, D.E.; WARKENTIN, R.; ATTAVIAN, B.; GERSABECK, E.; FRANCIS, A.; ADAMS, M.; FRANCIS, G. **Biological Control of Pink Hibiscus Mealybug Project Manual**. Washington: United States Department of Agriculture – USDA, 1998. 75p.
- NARDO, E. A. B. de.; TAVARES, M. T.; SÁ, L. A. N. de.; TAMBASCO, F. J. **Perspectivas do controle biológico da praga quarentenária cochonilha-rosada no Brasil (*Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae))**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 38p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos 2).
- NEGRINI, M. MORAIS, E. G. F. de., ZANUNCIO, J. C. Biology of *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae) on *Hibiscus rosa-sinensis*. **Revista Agroambiente**, v. 11, n. 4, p. 336-346, outubro-dezembro, 2017. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4465
- PERONTI, A. L. B. G; MARTINELLI, N. M; ALEXANDRINO, J. G; JÚNIOR, A. L. M; PENTEADO-

DIAS, A. M; ALMEIDA, L. M. Natural Enemies Associated with *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in the State of São Paulo, Brazil. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 1, p. 21-25, 2016.

PERSAD, A.; KHAN, A. Comparison of life table parameters for *Maconellicoccus hirsutus*, *Anagyrus kamali*, *Cryptolaemus montrouzieri* and *Scymnus coccivora*. **BioControl**, v.47, n.2, p.137-149, 2002.

PERSAD, A.; KHAN, A. The effect of five insecticides on *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Homoptera: Pseudococcidae) and its natural enemies *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae), *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant and *Scymnus coccivora* Aiyar (Coleoptera: Coccinellidae). **International Pest Control**, v.42, n.5, p.170-173, 2000.

SANCHES, N. F.; CARVALHO, R. da S. **Procedimentos para manejo da criação e multiplicação do predador exótico *Cryptolaemus montrouzieri***. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 5 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular técnica, 99).

SAGARRA, L. A. **Biology and behaviour of the parasitoid *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae)**. Tese de Doutorado. McGill University Libraries. 1999.

TAMBASCO, F. J. et al. Um exemplo de praga quarentenária: Cochonilha-rosada, *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae). In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A.; CANTOR, F. (Ed.). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, p. 149-153, 2000.

DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA EM UMA UNIDADE DE MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA CENTRAL

Raildo de Souza Torquato

Tiago Nunes da Silva

Ítala Lorena de Lima Ferreira

Lennon Simões Azevedo

Vanesse do Socorro Martins de Matos

Universidade do Estado do Amazonas (UEA),
Curso de Engenharia Florestal. Itacoatiara,
Amazonas

Veraldo Liesenberg

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC), Departamento de Engenharia Florestal.
Lages, Santa Catarina

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo descrever a vegetação arbórea de uma floresta de terra firme na comunidade de Lindóia, localizada no município de Itacoatiara-AM. Os dados compõem um inventário florestal de indivíduos com um diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 40 cm ocorrentes em uma área de 543,25 ha. Foi realizada a análise da composição florística considerando o índice de valor de importância (IVI) e da diversidade florística utilizando os índices de Shannon Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J). Adicionalmente, foram avaliados frequência, densidade, e dominância da comunidade vegetal. Foram observados um total de 14.608 indivíduos distribuídos em 31 famílias botânicas, 79

gêneros e 101 espécies. As famílias com maior número de indivíduos foram Lecythidaceae (3.275), Fabaceae (2.273), Sapotaceae (2.011), Lauraceae (1.472), Chrysobalanaceae (757), Meliaceae (662), Moraceae (575), Celastraceae (468), Humiriaceae (465) e Myristicaceae (378). Estas famílias contribuem com 84,45% do número de indivíduos, sugerindo que a diversidade vegetal da área está concentrada em poucas famílias. As espécies mais importantes, segundo o IVI são *Pouteria* spp. (20,11%), *Eschweilera coriacea* (15,52%), *Cariniana micranta* (10,61%), *Helopixidium latifolium* (10,37%), *Couepia leptostachya* (9,55%), *Erisma uncinatum* (9,36%), *Ocotea neesiana* (8,99%), *Goupia glabra* (8,27%), *Brosimum utile* (7,27%) e *Dimorphandra parviflora* (6,39%). O valor H' foi de 3,78 e o grau estimado de J (uniformidade) ficou em torno de 0,39. As duas primeiras classes de diâmetro, medindo de 40-49cm e 50-59cm, foram as que apresentaram um maior número de indivíduos, contendo 71,73% dos indivíduos amostrados. Estes seguem o padrão de “J” reverso comum em florestas tropicais. Tais parâmetros são importantes para futuros trabalhos envolvendo distribuição de espécies.

PALAVRAS-CHAVE: espécies amazônicas, floresta tropical, fitofisionomia.

ABSTRACT: The present chapter describes the arboreal vegetation of a “terra firme” forest in the community of Lindóia, located in the municipality of Itacoatiara (State of Amazonas). A forest inventory dataset, containing individuals with a diameter at the breast height (DBH) \geq 40 cm and occurring in an area of 543,25 ha was analyzed regarding to both forest composition and floristic diversity. Shannon Wiener index (H') and Pielou Equitability (J) were selected to determine the structure (i.e. Frequency, Density, Dominance). A total of 14,608 individuals were measured and they were distributed in 31 botanical families, 79 genera and 101 species. The families with the highest number of individuals were in order Lecythidaceae (3,275), Fabaceae (2273), Sapotaceae (2011), Lauraceae (1472), Chrysobalanaceae (757), Meliaceae (662), Moraceae (575), Celastraceae (468), Humiriaceae (465) and Myristicaceae (378), respectively. These families contribute with 84.45% of the number of individuals, suggesting that the vegetal diversity of the area is concentrated in few families. The most important species according to the Import Value Index (IVI) are *Pouteria* spp. (20,11%), *Eschweilera coriaceae* (15,52%), *Cariniana micranta* (10,61%), *Helopixidium latifolium* (10,37%), *Couepia leptostachya* (9,55%), *Erismia uncinatum* (9,36%), *Ocotea neesiana* (8,99%), *Goupia glabra* (8,27%), *Brosimum utile* (7,27%) e *Dimorphandra parviflora* (6,39%). The value of the Shannon index was 3.78 and the estimated degree of Equitability (uniformity) was around 0.39. The first two diameter classes, measuring 40-49 cm and 50-59 cm, counted for 71.73% of the sampled individuals, following the common “J” pattern. Such results are very important for future studies involving spatial distribution of the species.

KEYWORDS: Amazonian species, tropical forest, physiognomy.

1 | INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são os ecossistemas mais diversificados da Terra, cobrindo cerca de 7% das áreas continentais, distribuídas pela América Central, América do Sul, África, Ásia e norte da Austrália. Essas florestas reúnem cerca de 20% a 40% da flora e da fauna do planeta. Além do grande número de espécies vegetais, esses biomas são caracterizados por sua alta taxa de produtividade primária e por possuírem grande estoque de biomassa vegetal, devido às condições climáticas favoráveis ao crescimento de plantas. O maior representante desse bioma é a floresta Amazônica, abrangendo uma área total de 6.500.000 km². Em território brasileiro, possui aproximadamente 4,2 milhões de km² (IBGE, 2004).

A floresta amazônica apresenta aproximadamente 40.000 espécies de plantas vasculares, onde 30.000 são endêmicas, 1.300 são espécies de aves, 425 espécies de mamíferos e 371 espécies de répteis. Isto mostra a grande importância da floresta para a proteção e manutenção da biodiversidade. Portanto, torna-se primordial a conservação dos recursos florestais da região Amazônica, no que se refere a necessidade de considerar a diversidade de habitats, as diferenças biogeográficas e o conhecimento dos processos ecológicos e seus agentes na elaboração e condução

de planos de manejo das florestas naturais. Neste mister, e em face dos discursos sobre a questão ambiental, os aspectos ecológicos têm ganhado importância dentro do manejo de florestas naturais. Conhecer as características e propriedades das diferentes comunidades vegetais que compõem essas florestas, poderá produzir resultados mais eficientes no manejo florestal evitando mudanças significativas na composição florística e estruturas dessas vegetações mantendo o ambiente mais estável e preservando sua identidade ecológica. Ressalta-se, que a manutenção da diversidade tanto de espécies como de habitat, é fundamental para o sucesso de empreendimentos florestais na Amazônia. Sua composição florística e estrutura são aspectos que devem ser considerados no planejamento e execução do manejo florestal para condução da floresta e escolha de práticas silviculturais adequadas para seu crescimento e desenvolvimento.

Entre as etapas fundamentais do ordenamento de atividade de manejo está a avaliação da composição da floresta a ser manejada através de inventários florestais, os quais qualificam os recursos referentes as espécies vegetais ocorrentes, especialmente os lenhosos quanto aos seus dados dendrométricos. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo descrever a florística de uma comunidade arbórea em um ambiente florestas submetidos ao manejo florestal sustentável.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido a partir de um banco de dados de um inventário florestal 100% (censo florestal) realizado em uma área de manejo florestal sustentável com 543,25 ha. A área está localizada na comunidade de Lindóia pertencente ao município de Itacoatiara-AM (Figura 1). Os dados foram fornecidos pela Consultoria Florestal e Ambiental da Amazônia (COFAAM), responsável pelo inventário e exploração florestal realizado na área.

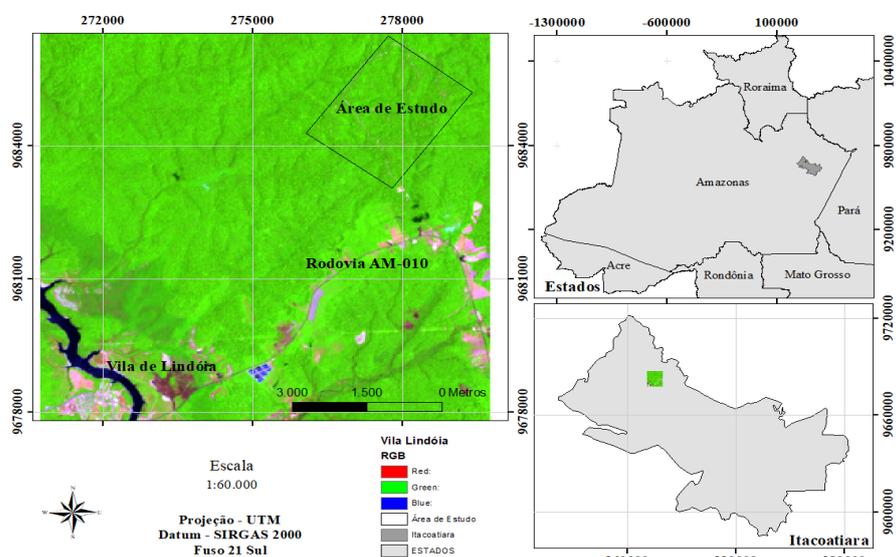


Figura 1 – Localização da área de estudo.

A área apresenta relevo relativamente homogêneo, sem desníveis topográficos acentuados, incluindo a Planície Amazônica restrita geral que apresentam padrão dendrítico, plano suave ondulado. Os solos encontrados na região de acordo com a classificação Pedogenética de Solos é o Latossolo amarelo distrófico “A”, moderado textura argilosa, com material originado em sedimentos argilosos do Terciário – Formação Barreiras, com ocorrência também, de neossolo quartzarênico órtico e espodossolo cárbico hidromórfico (RADAM, 1978).

2.1 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

A composição florística foi analisada através da distribuição dos indivíduos em espécies, gêneros e famílias botânicas que ocorreram na área. A diversidade florística da área foi avaliada através do índice de Shannon-Wiener e a equabilidade pelo índice de Pielou:

Índice de diversidade de Shannon-Wiener

Os índices de Shannon-Wiener foram utilizados para quantificar a diversidade de espécies da área em estudo. O índice de Shannon varia de 0 para comunidade com uma única espécie e valores altos, para comunidades com poucas espécies e com poucos indivíduos por espécie. Foi obtido pela seguinte expressão:

$$H' = -\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{n} \ln \left(\frac{n_i}{n} \right)$$

Em que:

H' = índice de Shannon-Wiener;

S = número de espécies;

n_i = número total de indivíduos da i -ésima espécie;

n = número total de indivíduos;

\ln = logaritmo neperiano.

Índice de Equitabilidade de Pielou (J)

O índice de Equitabilidade de Pielou (J) fornece a informação se os indivíduos estão distribuídos dentro da área de maneira regular, este índice varia de 0 a 1, onde 1 representa a máxima uniformidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes (MARTINS, 1991) e foi obtido pela expressão:

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

Em que:

J = índice de Equabilidade;
H' = índice de diversidade de Shannon;
S = n. ° de indivíduos por espécie.

ESTRUTURA HORIZONTAL

Para descrever a estrutura horizontal das comunidades e das populações foram utilizados os parâmetros fitossociológicos como a frequência, dominância, densidade, índice de valor de importância (IVI) e índice de valor de cobertura (IVC). As fórmulas e significados serão descritos a seguir. Maiores detalhes e exemplos podem ser encontrados em (LAMPRECHT, 1990).

Frequência

A frequência expressa a porcentagem das amostras em que a espécie ocorre, ou seja, fornece subsídios do grau de uniformidade de distribuição da vegetação. É definida como sendo o grau de homogeneidade pela qual os indivíduos de cada espécie são distribuídos (SANQUETTA et al. 2009). Somente se compara a frequência quando as amostras são do mesmo tamanho. Tais estimativas foram obtidas pelas seguintes expressões:

$$FA_i = \frac{u_i}{u_t} \times 100 \qquad FR_i = (FA_i \div \sum_{i=1}^p FA_i) \cdot 100$$

Em que:

FA_i = frequência absoluta da i-ésima espécie, dada em porcentagem;

u_i = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie está presente;

u_t = número total de unidades amostrais;

FR_i = frequência relativa da i-ésima espécie, em porcentagem;

p = número total de espécies amostradas.

Densidade

Segundo Lamprecht (1964), a abundância ou densidade é definida como o número de indivíduos de uma espécie por unidade de área. Estes podem ser expressos em termos de densidade absoluta (DA_i) e densidade relativa (DR_i). De acordo com o autor, a abundância absoluta, é o número total de indivíduos de cada espécie presente na área amostrada, e a abundância relativa indica a participação do número total de árvores levantadas na parcela respectiva, considerando o número total igual a 100%.

$$DA_i = n_i \div A \qquad DR_i = (DA_i \div \sum_{i=1}^p DA_i) \cdot 100$$

Em que:

DA_i = densidade absoluta de i-ésima espécie;

n_i = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie;

A = área amostrada em hectares;

DR_i = densidade relativa da i-ésima espécie;

p = número total de espécies amostradas.

Dominância

A dominância é definida como grau de ocupação que uma espécie exerce sobre o espaço volumétrico do ecossistema. Em virtude da dificuldade de avaliação desse volume, a dominância é expressa em termos de área basal, devido à alta correlação entre o diâmetro do tronco à altura do peito (DAP), e o diâmetro da copa (DC). Segundo Lamprecht (1964), a dominância, refere-se à estimativa da área basal da espécie no povoamento. A dominância absoluta e a dominância relativa podem ser obtidas das seguintes formas:

$$(Doabs_i) = G_i; \quad (DoR_i) = \frac{Dabs_i}{\sum_{i=1}^s Dabs_i} \times 100; \quad \text{ou} \quad (Do_i) = \frac{G_i}{G}$$

Em que:

$Dabs_i$ = dominância absoluta da i-ésima espécie;

DoR_i = dominância relativa da i-ésima espécie;

s = número de espécies;

G_i = área basal da i-ésima espécie;

G = área basal total amostrada;

g = seção transversal de cada fuste = $\frac{[\pi (DAP)^2]}{4}$

n = número de indivíduos (fustes).

Índice de Valor de Importância (IVI)

A fim de demonstrar as espécies mais importantes na área em estudo, calculou-se o índice de valor de importância (IVI) de cada espécie. O índice do Valor de Importância (IVI) reúne, em uma única expressão, os parâmetros relativos por espécie, do número de indivíduos, área basal e distribuição dos indivíduos na área amostrada. O IVI é expresso pela soma dos três parâmetros relativos da estrutura horizontal, através da seguinte expressão:

$$IVI_i = FR_i + DR_i + DoR_i$$

Em que:

IVI_i = índice do valor de importância para iésima espécie;

FR_i = frequência relativa;

DR_i = densidade relativa;

DoR_i = dominância relativa.

Índice de Valor de Cobertura (IVC)

A frequência relativa da fórmula do IVI só exerce influência quando algumas espécies aparecem em grupo. Portanto, Braun-Blanquet (1979) sugere que as espécies sejam caracterizadas pelo índice do Valor de Cobertura (IVC), também conhecido pelo método de BraunBlauquet. O IVC foi obtido pela seguinte fórmula

$$IVC_i = DR_{i+} + DoR_i$$

Em que:

IVC_i = índice do valor de cobertura para iésima espécie.

DR_i = densidade relativa;

DoR_i = dominância relativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição Florística

A distribuição dos grupos taxonômicos referentes à comunidade vegetal da área em estudo é exemplificada na Figura 2. Na comunidade vegetal de uma floresta de terra firme em Lindóia, foram registrados um total de 14.608 indivíduos arbóreos com $DAP \geq 40$ cm, os quais encontraram-se distribuídos em 31 famílias botânicas, 79 gêneros e 101 espécies (Figura 2). Para o estudo também foi considerado a lista de espécies exploradas comercialmente ($DAP \geq 50$) pela empresa Mil madeiras (Precious Wood Amazon – PWA), para verificar a ocorrência de espécies comerciais.

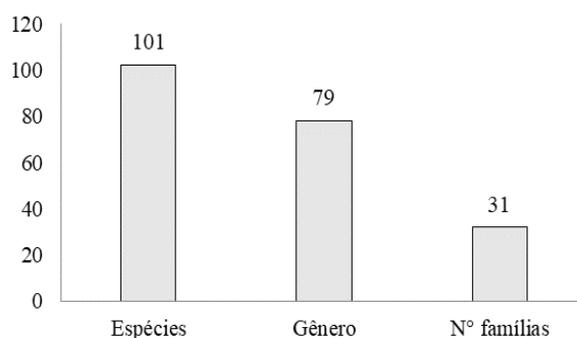


Figura 2 - Grupos taxonômicos da área de estudo.

Família	Espécie	Nº de indivíduos
Anacardiaceae	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	15
Caryocaraceae	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers	121
Moraceae	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz. & Pav.	19
Fabaceae	<i>Dimorphandra parviflora</i> Spruce ex Benth.	355
Fabaceae	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	26
Fabaceae	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	279
Humiriaceae	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	93
Fabaceae	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	68
Meliaceae	<i>Erismia uncinatum</i> Warm	655
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	464
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i> (Vahl) G.N.Nichols.	3
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	37
Fabaceae	<i>Hymenelobium petraeum</i> Ducke	173
Myristicaceae	<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	132
Lecythidaceae	<i>Lecythis usitata</i> Miers. var. <i>paraensis</i> R. Knuuth.	187
Lauraceae	<i>Licaria guianenses</i> Aubl.	139
Sapotaceae	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Chevalier	44
Lauraceae	<i>Nectandra rubra</i> Mez	273
Lauraceae	<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm	591
Fabaceae	<i>Pithecellobium racemosum</i> Ducke	96
Burseraceae	<i>Protium araguense</i> Cuatrec.	114
Vochysiaceae	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	95
Fabaceae	<i>Swartzia corrugata</i> Benth	55

Tabela 1 - Espécies comerciais encontradas na área de estudo.

A família com maior riqueza de indivíduos foi a Lecythidaceae com 3.275 indivíduos inventariados, seguido pelas famílias Fabaceae (2.273), Sapotaceae (2011), Lauraceae (1.472), Chrysobalanaceae (757), Meliaceae (662), Moraceae (575), Celastraceae (468), Humiriaceae (465) e Myristicaceae (378). As outras 21 famílias totalizaram 2.272 indivíduos. Quanto ao número de espécies, a família Fabaceae apresentou-se como a mais importante na vegetação em estudo, por ter o maior número (27 espécies), sendo seguida pela Lauraceae, com 9 espécies, Lecythidaceae e Sapotaceae, ambas com 7 espécies, Moraceae (6), Chrysobalanaceae (4), Anacardiaceae, Apocynaceae, Myristicaceae e Rubiaceae apresentando 3 espécies cada. As demais famílias somaram 29 espécies (Figura4).

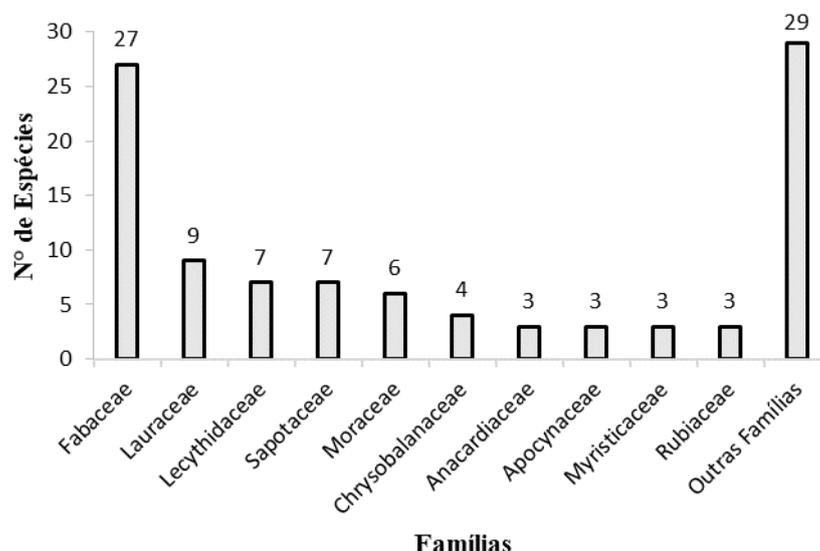


Figura 4 - Distribuição do número de espécies por família.

Essas famílias contribuem com 71,29% da riqueza local de espécies e com 84,45% do número de indivíduos, sugerindo que a diversidade vegetal da área está concentrada em poucas famílias. Condé e Tonini (2013), analisando a fitossociologia de uma floresta ombrófila densa em Roraima com relação à riqueza de espécies mostraram que as famílias com maior representatividade foram: Fabaceae, Sapotaceae, Apocynaceae, Moraceae, Lauraceae, Annonaceae, Chrysobalanaceae, Lecythidaceae e Urticaceae. Em pesquisa realizada sobre a composição florística e fitossociologia de espécies arbóreas do Parque Fenológico da Embrapa Amazônia Ocidental (SILVA et al. 2008), os autores observaram que as famílias com maior número de espécies, em ordem de importância são: Sapotaceae, Lecythidaceae, Fabaceae, Caesalpinaceae, Mimosaceae, Chrysobalanaceae e Moraceae. Essas sete famílias contribuíram com 57% da riqueza local de espécies e com aproximadamente 76% do número de indivíduos, sugerindo também que a diversidade vegetal da área está concentrada em poucas famílias.

DIVERSIDADE FLORÍSTICA

Nesta pesquisa, os índices de Shannon-Wiener (H') e Equabilidade (J') foram utilizados como parâmetros para análise da diversidade como mostra a Tabela 2.

Área total inventariada	543,25
Número de indivíduos	14608
Número de espécies	101
Diversidade de Shannon	3,78
Uniformidade	0,39

O cálculo de índice de diversidade Shannon-Wiener resultou no valor de 3,78. O grau estimado de Equabilidade ficou em torno de 0,39. Leitão Filho (1987), em

suas considerações acerca da florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil, destaca o trabalho de Martins (1979) sobre os estudos florísticos e fitossociológicos realizados na Amazônia. Os valores de diversidade florística, representado pelo índice de Shannon & Wiener, variaram em diferentes sítios, mostrando valores entre 3,58 e 4,76. Os valores encontrados nos trabalhos de Ribeiro et al., (1999) reforçam o intervalo obtido do índice de Shannon e Wiener para florestas tropicais, que variaram entre 3,8 e 5,8.

Isso mostra que os valores de diversidade encontrados neste trabalho estão no intervalo dos levantamentos feitos em florestas tropicais, apresentando uma diversidade alta quando se leva em consideração que os indivíduos estudados possuem um DAP ≥ 40 cm. O baixo valor do índice de Pielou mostrou que poucas espécies são altamente abundantes enquanto que as demais espécies apresentaram reduzido número de indivíduos.

DESCRITORES FITOSSOCIOLÓGICOS ESTRUTURAIS

Estrutura Horizontal

A estrutura da floresta foi caracterizada pela Densidade (Den%), Dominância (Do%), Índice de Valor de Importância (IVI) e Índice de Valor de Cobertura (IVC), dadas pelas espécies com DAP ≥ 40 cm, seguido da distribuição dos indivíduos por classe diamétrica. Na comunidade vegetal de Lindóia (Tabela 3), observou-se que a densidade total estimada foi de 26,9 indivíduos. ha⁻¹ enquanto que a área basal total foi de 7,02 m².ha⁻¹. As espécies mais predominantes quanto a densidade absoluta foram: *Pouteria* spp (2,72 indivíduos.ha⁻¹), *Eschweilera coriaceae* (2,10 indivíduos.ha⁻¹), *Helopixidium latifolium* (1,40 indivíduos.ha⁻¹), *Cariniana micrantha* (1,28 indivíduos.ha⁻¹) e *Couepia leptostachya* (1,27 indivíduos.ha⁻¹). Quanto a área basal as espécies predominantes também foram: *Pouteria* spp (0,6185 m².ha⁻¹), *Eschweilera coriaceae* (0,4562 m².ha⁻¹), *Cariniana micrantha* (0,3274 m².ha⁻¹) *Helopixidium latifolium* (0,2780 m².ha⁻¹) e *Goupia glabra* (0,2738 m².ha⁻¹).

ESPÉCIE	N°	DenA (n°/há ⁻¹)	Den (%)	G (m ²)	DoA (m ² /há ⁻¹)	Do (%)	FreA	Fre (%)
<i>Pouteria</i> spp.	1478	2,72	10,11	336,03	0,61	8,81	295,6	1,19
<i>Eschweilera coriacea</i>	1145	2,10	7,83	247,85	0,45	6,49	229	1,19
<i>Cariniana micrantha</i>	695	1,27	4,75	177,84	0,32	4,66	139	1,19
<i>Couepia leptostachya</i>	688	1,26	4,71	139,32	0,25	3,65	137,6	1,19
<i>Erisma uncinatum</i>	655	1,20	4,48	140,50	0,25	3,68	131	1,19
<i>Ocotea neesiana</i>	591	1,08	4,04	143,34	0,26	3,75	118,2	1,19
<i>Goupia glabra</i>	464	0,85	3,16	148,72	0,27	3,89	92,6	1,19
<i>Helopixidium latifolium</i>	762	1,40	5,21	39,73	0,07	1,04	152,4	1,19
<i>Brosimum utile</i>	430	0,79	2,94	119,44	0,21	3,13	86	1,19
<i>Dimorphandra parviflora</i>	355	0,65	2,43	105,44	0,19	2,76	71	1,19
Sub-totais	7263	13,36	49,71	1598,26	2,94	41,90	1452,4	11,96
Outras espécies	7345	13,52	50,28	2215,51	4,07	58,09	1469	88,04
Total	14608	26,8882	100	3813,7787	7,0203	100	2921,4	100

Tabela 3 - Descritores fitossociológicos estruturais da área de estudo.

Densidade Relativa

As espécies com maior porcentagem de densidade corresponderam a: *Pouteria* spp (10,12 %), *Eschweilera coriacea* (7,84 %), *Helopixidium latifolium* (5,22 %), *Cariniana micrantha* (4,76 %), *Couepia leptostachya* (4,71 %), *Erisma uncinatum* (4,48 %), *Ocotea neesiana* (4,05 %), *Goupia glabra* (3,18 %), *Brosimum utile* (2,94 %) e *Vantanea parviflora* (2,55 %) que representaram 49,71% da densidade relativa total. O restante da densidade total foi distribuído em 91 espécies com densidade menor de 2,4 %, totalizando 50,29 (%) das espécies amostradas. Em estudo realizado por Sandoval (2014) analisando os descritores fitossociológicos estruturais de uma Floresta Ombrófila Densa no município de Presidente Figueiredo, obteve porcentagens maiores para a espécie *Eschweilera coriacea* (16,17%). No entanto, 53,19% da densidade relativa total ficaram distribuídas em 160 espécies com uma densidade relativa menor a 2%.

Dominância Relativa

Ainda na Tabela 2, apresenta-se a dominância relativa por espécie, onde observa-se que as 10 maiores espécies contribuíram com 41,91%, da dominância relativa total. As maiores porcentagens corresponderam às espécies *Pouteria* spp (8,80%),

Eschweilera coriacea (6,49%), *Cariniana micranta* (4,66 %), *Helopixidium latifolium* (3,95%), *Goupia glabra* (3,89%), *Ocotea neesiana* (3,75%), *Erisma uncinatum* (3,68%), *Couepia leptostachya* (3,65%), *Brosimum utile* (3,13%) e *Nectandra rubra* (3,00%). Em outros, verifica-se que 91 espécies com densidade relativa menor que 2,76% contribuíram com 58,09% do total. Algumas espécies com maiores dominâncias relativas apresentadas nesse trabalho aparecem também no estudo desenvolvido por Sandoval (2014), no município de Presidente Figueiredo/Balbina-Am, onde foi verificado que 10 espécies fizeram 45,65% da dominância relativa total, sendo algumas dessas espécies: *Eschweilera coriacea* com 12,88% e *Goupia glabra* com 3,92%. Embora as espécies *Pouteria rostrata* e *Pouteria williamii* não apareçam no estudo corrente, o gênero *Pouteria* aparece e se destaca em ambos os estudos. No caso de *Pouteria sp.* que teve o maior número de espécies e a maior dominância relativa contraria Maciel et al (2003), em que autor destaca que o grupo desse gênero representa uma proporção reduzida da flora arbórea tropical.

Frequência Relativa

Cerca de 61,4 % das espécies estudadas encontraram-se distribuídas nas 5 Unidades de Trabalho (UT), 12,9% em 4 UT, 9,9% em 3 UT, 9,9% em 2 UT e 5,9% distribuíram-se em 1 das UT's. A grande porcentagem de espécies distribuídas nas 5 UT's mostra que estas são mais tolerantes às variações ambientais, por estarem distribuídas por toda a área estudada.

Índice de Valor de Importância – IVI

Na Figura 6, encontra-se a distribuição do Índice de Valor de Importância (IVI) das espécies, aparecendo a espécie *Pouteria spp* (20,11 %), *Eschweilera coriacea* (15,52%), *Cariniana micrantha* (10,61%), *Helopixidium latifolium* (10,37%), *Couepia leptostachya* (9,55%), *Erisma uncinatum* (9,36 %), *Ocotea neesiana* (8,99%), *Goupia glabra* (8,27%), *Brosimum utile* (7,27%) e *Dimorphandra parviflora* (2,13 %) totalizando 106,44 % do IVI total. O percentual restante do IVI total distribuí-se entre as demais 91 espécies arbóreas.

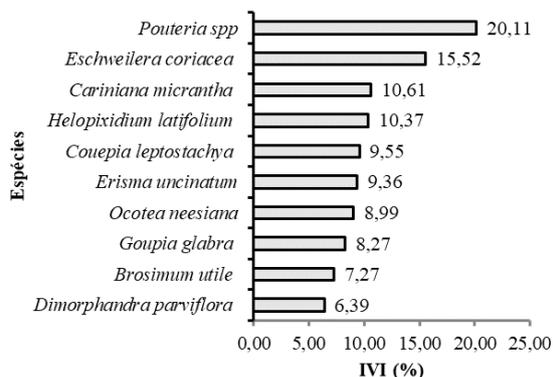


Figura 5 - Índice de Valor de Importância das Espécies.

No estudo realizado por Carneiro (2004), em uma floresta primária de terra firme na bacia do rio Cuieiras, Manaus-AM, encontrou algumas espécies que se destacaram neste estudo com os maiores IVI's, dentre essas espécies em valores decrescente estão: *Eschweilera coriacea* (1,3%) e *Pouteria spp* (0,7%) apresentando valores inferiores e que diferentemente da presente pesquisa a espécie *Pouteria spp* foi a que teve o maior Valor de Importância na floresta.

Silva et al. (2008) estudando a composição florística e fitossociologia de espécies arbóreas do Parque Fenológico da Embrapa Amazônia Ocidental, verificaram que as espécies *Eschweilera coriacea* e *Goupia glabra* estavam entre as espécies com os 10 maiores valores de IVI. Tais espécies, entre outras, são frequentemente citadas em diversos trabalhos desenvolvidos em ecossistemas de terra firme da Amazônia (LIMA FILHO et al. 2001).

Índice de Valor de Cobertura – IVC

Na Figura 6, observa-se que a maior parte do IVC total (47,24%) encontram-se distribuídos em 10 espécies com 18,92 % para a espécie *Pouteria spp.*, 14,33 % para *Eschweilera coriacea*, para *Cariniana micrantha* (9,41 %), para *Helopixidium latifolium* (9,17 %), para *Erisma uncinatum* (8,16 %), *Ocotea neesiana* (7,80 %), para *Goupia glabra* (7,07 %), para *Brosimum utile* (6,07 %) e *Dimorphandra parviflora* (5,19 %). No entanto, as 91 espécies restantes confirmaram 52,76 % do VC total com um valor abaixo de 4,8%.

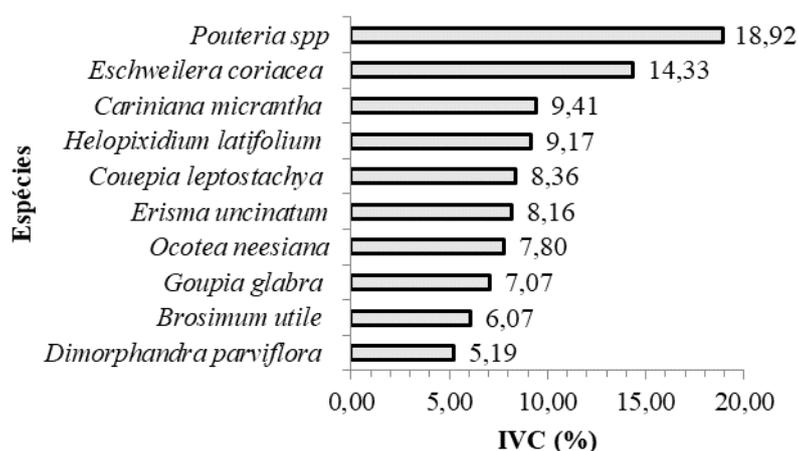


Figura 6 - Índice de Valor de Cobertura das Espécies.

No estudo realizado por Carneiro (2004), em uma floresta primária de terra firme na bacia do rio Cuieiras, Manaus-AM, encontrou algumas espécies que se destacaram neste estudo com os maiores IVI's, dentre essas espécies em valores decrescente estão: *Eschweilera coriacea* (1,3 %) e *Pouteria spp* (0,7) apresentando valores inferiores e que diferentemente da presente pesquisa a espécie *Pouteria spp* foi a que

teve o maior Valor de Importância na floresta.

Estrutura Diamétrica

A nível de comunidade, a Figura 7 mostra a distribuição dos indivíduos por classes de diâmetro. A Figura demonstra que houve predominância de indivíduos nas duas primeiras classes de tamanho, com 39,02% dos indivíduos ocupando a primeira classe, 32,71% ocupando a segunda e 15,27% na terceira, ou seja, 87% dos indivíduos estão englobados até a terceira classe. As demais classes de diâmetro abrangem somente 13% dos indivíduos amostrados.

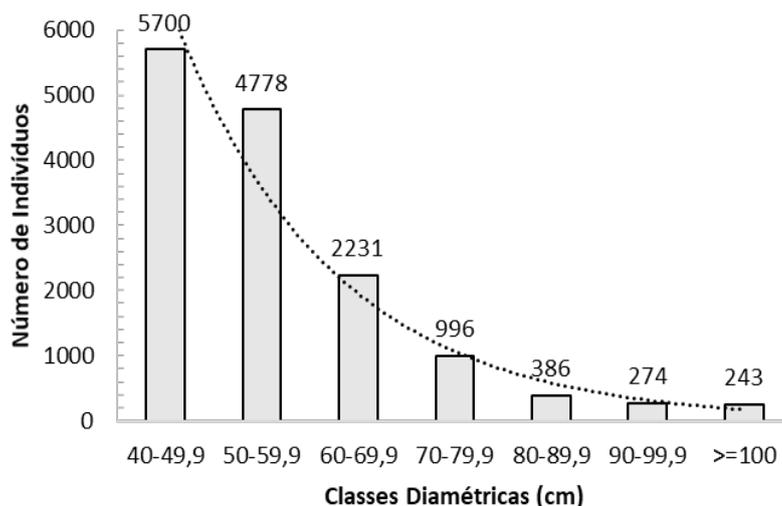


Figura 7 - Distribuição dos indivíduos nas classes de DAP das espécies encontradas na área.

Essa estrutura observada e apresentada na Figura 7 seguiu o padrão característico das florestas inequiâneas, com distribuição exponencial negativa, na forma de “J reverso”, que de acordo com estudos realizados por Silva *et al.*, (2015) é o comportamento típico de muitas florestas de terra firme da Amazônia. Porém, essa tendência também é observada em florestas secundárias ou em florestas no início da sucessão. Pretende-se explorar atributos de distribuição especial das espécies em futuros trabalhos.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, pode concluir que área apresentou as seguintes afirmativas. Foram encontradas 101 espécies distribuídas em 79 gêneros de 31 famílias botânicas.

A composição florística, estrutura e índices de diversidades vegetal apresenta uma baixa diversidade florísticas na área, concentrado se em poucas famílias. As famílias mais importantes foram Lecythidaceae, Fabaceae e Sapotaceae, a espécie *Pouteria* spp foi a mais representativa, seguida da *Eschweilera coriaceae*.

As espécies apresentam raridade em determinadas locais e abundância em outras, confirmando a necessidade de planejar, para o manejo florestal, números diferentes

de indivíduos a serem A diversidade e a uniformidade das espécies, representadas pelo índice de Shannon e Equatabilidade de Pielou, mostraram uma floresta de baixa heterogeneidade de espécies, com a concentração de poucas famílias. Futuros trabalhos envolverão a distribuição espacial das espécies.

REFERÊNCIAS

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume Ediciones, p.454, 1979.

CARNEIRO, V.M.C. **Composição florística e análise estrutural da floresta primária de terra firme na bacia do rio Cueiras, Manaus-AM**. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Setor de Botânica, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2004.

CONDÉ, T.M.; TONINI, H. **Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil**. Supl. *Acta Amazonica*, v.43, n.3, p.247-260, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2004. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 16 de outubro de 2017.

LAMPRECHT, H. **Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del bosque universitario “El Caimital”, Estado Barinas**. *Rev. For. Venez.*, v.7, n.10-11, p.77-119, 1964.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: Deutsche Gessellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 343p., 1990.

LEITÃO FILHO, H.F. **Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil**. Supl. IPEF, n.35, p.41-46, 1987.

LIMA-FILHO, D. A.; MATOS, F. D. A.; AMARAL, I. L.; REVILLA, J.; COELHO, L. S.; RAMOS, J. F.; SANTOS, J. L. **Inventário florístico de floresta ombrófila densa de terra firme na região do Rio Urucu-Amazonas, Brasil**. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 31, p.565-579, 2001.

MARTINS, F. R. **O método de quadrantes e fitossociologia de uma floresta residual no interior do Estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassunga**. Doutorado (Doutorado em Botânica) – Instituto de Botânica, Universidade de São Paulo, 1979.

MARTINS, R. F. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1991. (Série Teses).

RADAMBRASIL. **Programa de Integração Nacional. Levantamento de Recursos Naturais: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra**. Santarém: DNPM, Ministério das Minas e Energia. v.10, 509p., fl. SA21, 1978.

RIBEIRO, R.J.; HIGUCHI, N.; SANTOS, SANTOS, J.; AZEVEDO, C.P. **Estudo fitossociológico nas regiões de Carajás e Marabá – Para, Brasil**. Supl. *Acta Amazonica*, v.29, n.2, p.207-222, 1999.

SANDOVAL, D.E.V. **Descritores Fitossociológicos Estruturais e ecounidades do mosaico silvigênico da floresta ombrófila densa no município de Presidente Figueiredo/Balbina - AM**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014

SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L.F.; CÔRTE, A.P.D.; FERNANDES, L.A.V.; SIQUEIRA, J.D.P. **Inventário florestais: planejamento e execução** – 2º ed.- Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, p.316, 2009.

SILVA, K. E.; MATOS, F. D. A.; FERREIRA, M. M. **Composição florística e fitossociologia de espécies arbóreas do Parque Fenológico da Embrapa Amazônia Ocidental. Acta Amazonica**, v.38, n.2, p. 213 – 222, 2008.

SILVA, A.R. **Composição Estrutura Horizontal e espacial de 16 ha de floresta densa de terra firme no estado do Amazonas.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

FATORES ABIÓTICOS DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA BIOMASSA AÉREA EM ÁREAS DE CAATINGA NO NORDESTE BRASILEIRO

Ramon de Sousa Leite

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Marlete Moreira Mendes Ivanov

Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus-PI

Paulo Costa de Oliveira Filho

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Márcio Assis Cordeiro

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Misael Freitas dos Santos

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Daniele Lima da Costa

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Luciano Farinha Watzlawick

Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Guarapuava-PR

Kauana Engel

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Jonas Wilson Parente Vieira

Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus-PI

RESUMO: Estudos que investigam a relação solo-planta são especialmente importantes para subsidiar práticas de restauração em áreas semiáridas. O presente estudo teve como objetivo, avaliar o efeito de atributos físicos e químicos do solo na variabilidade espacial da biomassa aérea da vegetação em áreas semiáridas. Tratando da seguinte hipótese: os estoques de biomassa aérea vegetal em regiões

semiáridas são espacialmente dependentes de propriedades físicas e químicas do solo. Para isso, selecionou-se três áreas de Caatinga situadas no município de Bom Jesus, região sul do estado do Piauí, assim denominadas: Caatinga Arbórea – CAr, Caatinga Arbustiva – CArb e Caatinga Arbóreo-Arbustiva CAr-Arb. As propriedades do solo consideradas para o estudo foram: textura, pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Cu, Fe, Mn e Zn. A biomassa aérea foi estimada mediante a utilização de equações disponíveis na literatura. Para análise dos dados utilizou-se as seguintes estatísticas: testes de Kruskal-wallis (KW), análise de componentes principais (ACP) e coeficiente de correlação de Spearman. O solo da CAr, CArb e CAr-Arb foram caracterizados por baixa, média e alta fertilidade natural, respectivamente. A biomassa aérea média variou de 15,44±9,24 Mg ha⁻¹ na CArb a 121,92±84,41 Mg ha⁻¹ na CAr. A ACP e a análise de correlação apontam que os aumentos nos estoques de biomassa seguiram aumentos nos teores de nutrientes do solo, silte e argila e decréscimo nos teores de alumínio e areia. Diante dos resultados, observa-se que o estoque de biomassa é dependente de características do solo, em especial dos teores de ferro, areia, silte e cobre.

PALAVRAS-CHAVE: semiárido, Caatinga, fitomassa, nutrientes minerais, textura do solo.

ABSTRACT: Studies investigating the soil-plant relationship are especially important to support restoration practices in semi-arid areas. The objective of this study was to evaluate the effect of soil physical and chemical attributes on the spatial variability of above ground biomass of vegetation in semi - arid areas. Treating the following hypothesis: the stocks of above ground biomass in semi-arid regions are spatially dependent on the physical and chemical properties of the soil. For this purpose, three *Caatinga* areas located in the municipality of Bom Jesus, in the southern region of the state of Piauí, were selected: Arboreal *Caatinga* (AC), Shrubby *Caatinga* – (SC), and Arboreal-Shrubby *Caatinga* (ASC). The soil properties considered for the study were: texture (sand, clay and silt), pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Cu, Fe, Mn and Zn. Above ground biomass was estimated using equations available in the literature. To analyze the data were used the statistics: Kruskal-wallis (KW) tests, Principal Component Analysis (PCA) and Spearman's correlation coefficient. The soil of AC, SC and ASC were characterized by low, medium and high natural fertility, respectively. The average above ground biomass ranged from 15.44 ± 9.24 Mg ha⁻¹ in SC to 121.92 ± 84.41 Mg ha⁻¹ in AC. PCA and correlation analysis indicate that increases in biomass stocks followed increases in nutrient content of soil, silt and clay and decrease in aluminum and sand contents. In view of the results, it is observed that the biomass stock depends on soil characteristics, especially iron, sand, silt and copper contents.

KEYWORDS: semiarid, *Caatinga*, phytomass, mineral nutrients, soil texture.

1 | INTRODUÇÃO

Há um crescente interesse nos últimos anos pelas estimativas da biomassa estocada nas diferentes tipologias florestais, instigado principalmente pela preocupação com relação à evolução futura do clima global, bem como o seu impacto nos ecossistemas terrestres. A biomassa estocada da vegetação é expressa por unidade de área em um ponto definido no tempo. Geralmente é medida em massa seca por unidade de área (por exemplo, Mg ha⁻¹) (EISFELDER et al., 2017). Essa engloba toda a parte vegetal das plantas e se divide nos seguintes componentes: biomassa viva acima do solo, biomassa morta acima do solo (composta pela serapilheira e madeira morta) e biomassa abaixo do solo (composta pelas raízes) (MARTINELLI et al. 1994). Sendo a primeira porção a mais pesquisada, principalmente em decorrência da facilidade de obtenção.

A biomassa vegetal é um indicador sensível das condições do meio ambiente e fornece informações importantes para a compreensão das mudanças climáticas e sobre os níveis de carbono estocados nos ecossistemas (SESSA e DOLMAN, 2008; LE TOAN et al., 2011). É especialmente importante para identificação e monitoramento de áreas sob alto risco de degradação e desertificação em regiões áridas e semiarid regions, which are particularly susceptible to environmental áridas, uma vez que essas são particularmente mais susceptíveis (OLDEMAN et al., 1991).

Extensas áreas semiáridas são encontradas no Nordeste do Brasil (IBGE, 2004)

e o mapeamento da distribuição dos estoques de biomassa dessa região é essencial e necessário para identificar áreas mais vulneráveis às mudanças no clima e que, portanto, carece de uma gestão sustentável quanto a seus recursos naturais. Os estoques de biomassa na vegetação do Nordeste do Brasil variam muito no espaço, com estoque médio de 40 Mg ha⁻¹ (SAMPAIO e COSTA, 2012). No entanto, pouco se sabe sobre os fatores bióticos e abióticos que influenciam a distribuição espacial de biomassa nessas áreas.

Beltrão (2014), estudando a influência de atributos químicos e físicos do solo no estoque de biomassa aérea em três áreas de Caatinga na Paraíba, não verificou relação significativa de nenhum atributo do solo com os estoques de biomassa. Todavia, isso pode estar associado à pouca heterogeneidade entre as áreas estudadas pelo autor.

Diante disso, testou-se no presente estudo a seguinte hipótese: os estoques de biomassa aérea vegetal em regiões semiáridas é espacialmente dependente de propriedades físicas e químicas do solo. Os objetivos são: i) caracterizar a variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo em três fragmentos de Caatinga; ii) caracterizar o estoque espacial de biomassa aérea da vegetação nas três áreas; e iii) selecionar as propriedades do solo que melhor explicam a variação espacial dos estoques de biomassa.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de Estudo

O presente estudo foi realizado em uma propriedade particular no município de Bom Jesus (09°04'28" sul e 44°21'31" oeste, estando a uma altitude de 277 metros), região sul do estado do Piauí (Figura 1). A propriedade abrange uma área de 480 ha com diferentes fitofisionomias que vão desde a mata ciliar até áreas mais altas e secas com Caatinga arbórea. A classe de solo predominante na região é o Latossolo Amarelo (CAMPOS, 2014). Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Aw, tropical com inverno seco (ALVARES et al., 2013). A pluviosidade média anual é de 935,9 mm e temperaturas médias mínima de 20,1°C e máxima de 33,3°C (média histórica de 24 anos). Os maiores índices pluviométricos concentram-se entre os meses de janeiro e abril e outubro a dezembro. As temperaturas máximas e mínimas apresentam picos de elevação nos meses de agosto a outubro (INMET, 2015).

Os três fragmentos de Caatinga foram selecionados com base no porte da vegetação, flora, altitude e em função do distanciamento do leito do Rio Gurguéia: i) área de Caatinga localizada a 100 metros do rio (Caatinga Arbórea - CAr), com 260 m de altitude; predominância das espécies *Bauhinia unguolata* L. e *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) DC.; ii) área plana, com dominância de arbustos, distante 220 metros do rio (Caatinga Arbustiva - CArb), com 270 m de altitude, onde predominam as espécies:

Mimosa verrucosa Benth. e *Piptadenia moniliformis* Benth.; e iii) área dominada por espécies de porte médio, distante 1.000 metros do rio, com 280 m de altitude, onde predominam as espécies: *Annona leptopetala* (R.E.Fr.) H. Raine e *Piptadenia moniliformis* Benth. (Caatinga Arbóreo-Arbustiva CAr-Arb).

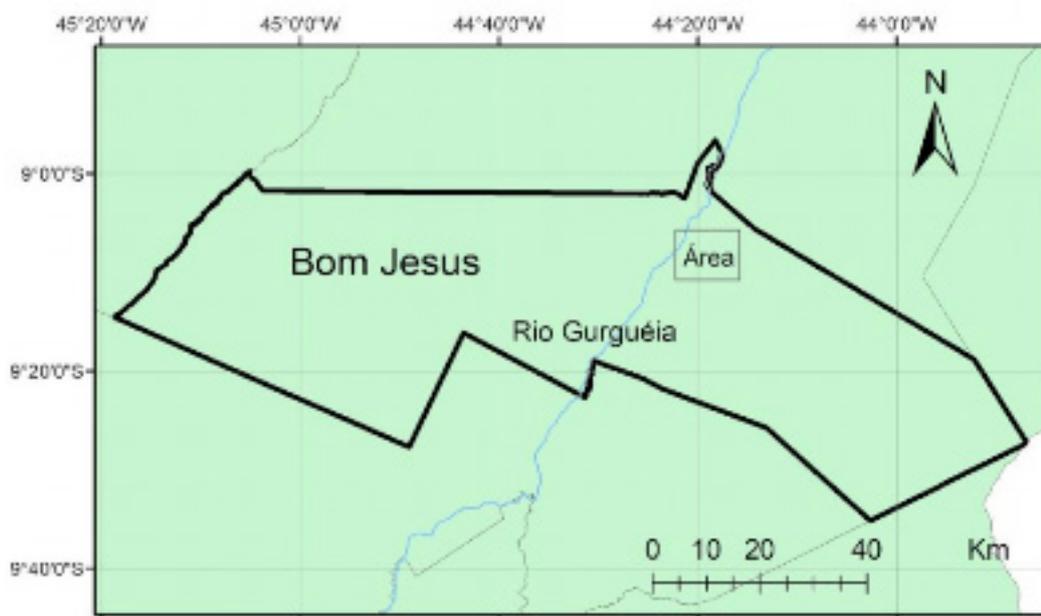


Figura 1. Localização das áreas de estudo, Bom Jesus, Piauí, Brasil.

Atributos do Solo

Em cada área foram delimitadas três subáreas (quadrantes) para a obtenção das amostras de solo. As amostras de solos foram coletadas na profundidade de 0-10 cm. Em cada área foram separadas quatro subamostras compostas por quadrante (Q1, Q2 e Q3), obtidas a partir de 16 amostras simples coletadas ao acaso (com ± 500 g de solo), totalizando 12 amostras de solo por fragmento, totalizando 36. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e conduzidas a o Campus Professora Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí (CPCE/UFPI), onde foram secas ao ar livre, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar – TFSA.

As propriedades físicas e químicas do solo consideradas para o estudo foram: textura (areia, argila e silte), pH, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Cu, Fe, Mn e Zn. A textura foi avaliada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). A acidez do solo (pH – H₂O) foi medida por meio de eletrodo combinado, imerso em uma suspensão solo/água na proporção de 1:2,5. P disponível, foi extraído com a solução de Mehlich-1 e determinado por colorimetria; K^+ disponível, extraído com a solução de Mehlich-1 e determinado por fotometria de chama; Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis foram extraídos com solução de KCL mol L⁻¹ e determinado por complexometria; e Al^{3+} extraído com solução de KCL mol L⁻¹ e determinado por titulação. Os micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) foram

determinados utilizando Mehlich-1 como extrator, na proporção de 1:5 (solo: extrator), e determinação dos teores por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA et al., 1998).

Estoque de Biomassa

Em cada fragmento foram alocadas 10 parcelas de 10x20 m (200 m²), sendo que o número de parcelas por quadrante variou de 2 (dois) a 4 (quatro). Todas as plantas das parcelas com circunferência à altura do peito (a 1,30 m do solo) (CAP) ≥ 6,0 cm e altura total ≥ 1,5m foram incluídas no levantamento. A altura foi medida com uma vara e o CAP com uma fita métrica. Os valores de CAP de árvores com bifurcação abaixo ou igual a 1,30 m foram fundidos em apenas um CAP, utilizando a metodologia proposta por Scolforo e Melo (1997) (Equação 1). Os CAP's foram convertidos em diâmetro à altura do peito (DAP) e foi calculada a área seccional à altura do peito (g) para as plantas com diâmetro > 30 cm. A biomassa aérea dos indivíduos foi estimada mediante a utilização de equações desenvolvidas por Sampaio e Silva (2005). Para a biomassa dos indivíduos com DAP de até 30 cm utilizou-se a Equação 2 e, para a biomassa dos indivíduos com DAP maior que 30 cm, a Equação 3. A densidade da madeira das espécies com indivíduos com DAP > 30 cm foi obtida através da literatura (CARNEIRO et al., 2013; COSTA et al., 2014; OLIVEIRA, 2014; ALMEIDA et al., 2015).

$$CAP = \sqrt{CAP1^2 + CAP2^2 + \dots + CAPPn^2} \quad (1)$$

$$Biomassa (Kg) = 0.173 * DAP^{2.2950} \quad (2)$$

$$Biomassa (Kg) = 0.1648 * (g * h * d)^{0.9023} \quad (3)$$

Onde: g, área da seção transversal (cm²); h, altura total (m); d, densidade da madeira (g cm⁻³).

A coleta de solo e as medições das parcelas ocorreu entre os anos de 2014 a 2016.

Análise dos Dados

Para avaliar a significância da diferença nos atributos do solo e da biomassa entre as três áreas de estudo utilizou-se o teste de Kruskal-wallis (KW), com intervalo de confiança de confiança de 95%, uma vez que os dados foram não paramétricos pelo teste de Kolmogorov Smirnov. O teste de KW é um teste não paramétrico empregado na comparação de três ou mais amostras independentes. A aplicação do teste utiliza os dados transformados em postos sem considerar a amostra à qual os valores pertencem. Sendo a comparação dos grupos efetivada por meio da média dos postos (posto médio) (KRUSKAL e WALLIS, 1952).

Uma análise de componentes principais (ACP) foi utilizada como uma técnica de visualização do agrupamento das características analisadas nos quadrantes. Apenas componentes principais com autovalores maiores que 1 (um) foram apresentados,

pois, componentes com um autovalor menor que 1 (um) geram componentes com informações não relevantes (HAIR et al., 2009).

O efeito dos atributos do solo sobre o estoque de biomassa foi avaliado por meio do coeficiente de correlação de Spearman. O coeficiente é uma medida não paramétrica para avaliação do grau de associação linear ou correlação entre duas variáveis aleatórias ranqueadas (GAUTHIER, 2001).

Todas as análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico R (R CORE TEAM, 2015) e o software Genes (CRUZ, 2013).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos do Solo

As estatísticas obtidas para os atributos do solo das três áreas de Caatinga estão apresentadas na Tabela 1. As propriedades do solo apresentaram diferenças estatísticas significativas (considerando o posto médio de Kruskal-Wallis - médias do posto não apresentadas) ($p < 0,00$). O solo da Caatinga Arbórea foi caracterizado como moderadamente ácido, com altos teores de fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco; teores médios de potássio e cobre; e baixos teores de alumínio. O solo da área de Caatinga Arbustiva foi caracterizado como fortemente ácido, com altos teores de cálcio, ferro, manganês e alumínio; teores médios de fósforo e zinco; e com baixas concentrações de potássio, magnésio e cobre. O solo da Caatinga Arbóreo-Arbustiva foi caracterizado como fortemente ácido, com baixa fertilidade natural e saturação por alumínio muito alta. Quanto à classe textural, no solo da CAr é franco-arenosa, na CArb é arenosa e na CAr-Arb é areia franca.

Atributos		CAr		CArb		CAr-Arb		p-valor
		μ	Dp	μ	Dp	μ	Dp	
pH	(H ₂ O)	5,88a	0,28	4,76b	0,15	4,41c	0,12	0,00
Fósforo	(mg dm ⁻³)	72,25a	64,65	7,55b	0,99	3,82c	0,33	0,00
Potássio		0,27a	0,11	0,13b	0,08	0,06b	0,05	0,00
Alumínio	(cmol _c dm ⁻³)	0,05b	0,12	0,26b	0,09	0,35a	0,11	0,00
Cálcio		9,11a	5,42	0,88b	0,35	0,03c	0,04	0,00
Magnésio		2,41a	1,55	0,17b	0,06	0,03c	0,02	0,00
Cobre		0,21a	0,21	0,00b	0,00	0,00b	0,00	0,00
Ferro	(mg dm ⁻³)	196,85a	161,03	46,07b	6,04	80,19a	9,50	0,00
Manganês		144,92a	25,00	17,51b	8,72	4,42c	1,36	0,00
Zinco		1,93a	0,71	0,61b	0,19	0,19c	0,06	0,00
Areia		538,49b	392,51	957,53a	5,05	883,63b	18,50	0,00
Argila	(g kg ⁻¹)	128,92a	90,45	36,81b	4,83	109,18 ^a	16,45	0,00
Silte		332,6a	330,02	5,66b	3,46	7,19b	4,20	0,00

Tabela 1- Estatísticas gerais das propriedades do solo em três fragmentos de Caatinga no município Bom Jesus, Piauí, Brasil.

μ - média; Dp - desvio padrão. O p-valor foi obtido por meio do Teste de Kruskal-Wallis.

Embora estejam relativamente próximas, foi verificado uma alta variabilidade nas propriedades físicas e químicas do solo entre as três áreas de estudo, evidenciando uma heterogeneidade espacial dos recursos, o que influencia diretamente a produtividade de uma área e indiretamente a diversidade e riqueza em espécies (BEGON et al., 2007; XU et al., 2008; MAESTRE et al., 2003).

O solo da CAR apresentou características adequadas para o desenvolvimento das plantas, com teores de Al^{3+} baixos, o que corrobora com valores altos de fósforo, cálcio e magnésio. De acordo com Raij et al. (1997), teores superiores a 16 mg dm^{-3} de P e 0,7 e 0,8 $cmolc\ dm^{-3}$ de Ca e Mg são considerados muito alto e altos, respectivamente. O potássio apresentou concentração média, segundo a classificação dos mesmos autores e, quanto aos micronutrientes, as concentrações de ferro, manganês e zinco foram altas e o cobre teve concentração média.

A CARb, área mais próxima da CAR, apresentou teores aquém de nutrientes, quando comparadas. A saturação por alumínio nessa área foi de 22%, sendo essa considerada alta e prejudicial de acordo com a classificação OsaKi (1991). O aumento na concentração de alumínio no solo dessa área resultou em um decréscimo nas bases trocáveis K e Mg. Segundo Raij et al. (1997), valores inferiores a 0,15 e 0,4 $cmolc\ dm^{-3}$ para o potássio e magnésio, são considerados baixos, respectivamente. Além disso, uma redução nos teores de fósforo foi verificada, bem como, nos teores de micronutrientes, com expressiva redução do cobre (com zero concentração).

A CAR-Arb apresentou baixa fertilidade natural, com concentrações baixa e muito baixa das bases trocáveis, além de baixos teores de cobre e zinco, assim como classificado por Raij et al. (1997). A saturação por alumínio nessa área foi de 291,67%, sendo essa considerada muito alta e altamente prejudicial de acordo com a classificação de OsaKi (1991). Esse aumento na saturação por alumínio culminou numa redução expressiva nos teores de fósforo no solo, isso porque o excesso de alumínio no solo faz o fósforo precipitar na forma de fosfatos de alumínio, que, por serem insolúveis no solo e nos tecidos da raiz, geram déficit de fósforo na planta (SUTCLIFF e BAKER, 1989).

O pH em água indica que os solos das áreas de estudo apresentam acidez classificada como moderada na CAR e fortemente ácido na CARb e CAR-Arb (EMBRAPA, 2006). O pH exerce influência em boa parte dos demais atributos químicos do solo. Quando o pH do solo se encontra abaixo de 5,0, ocorre um acréscimo nas concentrações de alumínio em sua forma trivalente (Al^{3+}) na solução do solo (DELHAIZE e RYAN, 1995), conseqüentemente, o aumento na concentração de Al, provoca um decréscimo na disponibilidade de bases trocáveis (Mg, Ca e K), sendo essas, essenciais para as plantas.

O solo das áreas de Caatinga arbustiva e Caatinga Arbóreo-Arbustiva apresentaram textura mais grosseira, de acordo com a classificação das classes de textura do Sistema Americano ou o triângulo americano. Tal característica implica diretamente na disponibilidade de água no solo. Solos com textura mais fina retêm uma maior quantidade de água (MAESTRE et al., 2003; HE et al., 2004; XU et al., 2008). Solos que retêm maior umidade possibilitam um aumento na riqueza de espécie e, por conseguinte um acréscimo nos estoques de biomassa, assim como relatado por Mathur e Sundaramoorthy (2015).

A relação silte/argila indica que o solo dessas duas áreas (Caatinga arbustiva e Caatinga Arbóreo-Arbustiva) são muito intemperizados. Wanbeke (1962) propôs utilizar a relação silte/argila como o índice do grau de intemperismo. Segundo o mesmo autor, quando a relação silte/argila for menor que 0,15 o solo é muito intemperizado. Solos assim contribuem para uma forte lixiviação e baixa fertilidade química (CAMPOS, 2014), o que dificulta a coexistência de algumas espécies (MATHUR e SUNDARAMOORTHY, 2015).

Estoque de Biomassa

Foi verificada diferença significativa no estoque de biomassa entre as áreas estudadas (considerando o posto médio de Kruskal-Wallis - médias do posto não apresentadas) ($p < 0,00$). A biomassa aérea média variou de $15,44 \pm 9,24$ Mg ha⁻¹ na CArb a $121,92 \pm 84,41$ Mg ha⁻¹ na CAr (Figura 2). A CArb e CAr-Arb foram caracterizadas com baixo estoque de biomassa. Possivelmente os menores estoques de biomassa nessas áreas estão associados aos baixos teores de nutrientes e baixa umidade do solo, uma vez que, esses atributos sofrem influência dos teores de areia no solo (característica marcante dessas áreas). Teores altos de areia contribuem com um aumento na lixiviação de nutrientes da superfície do solo e redução na umidade do solo, que afeta muitos outros processos biológicos e químicos, causando assim, impacto na vegetação (NDAGURWA et al., 2018).

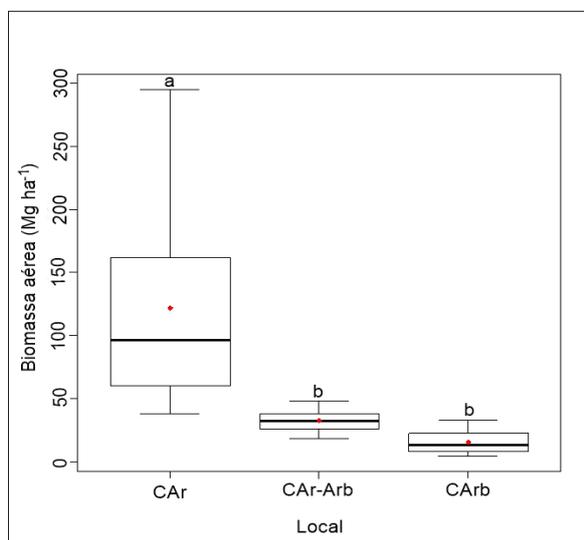


Figura 2 – Biomassa aérea em três fragmentos de Caatinga no município de Bom Jesus, Piauí, Brasil.

Assim como os atributos do solo, os estoques de biomassa aérea variaram muito no espaço (entre as áreas), apesar de relativamente próximas. A CArb e CAr-Arb apresentaram estoque de biomassa inferior à média para o bioma Caatinga (40 Mg ha^{-1} , de acordo com SAMPAIO e SILVA, 2012), enquanto que a CAr foi três vezes maior que média. Segundo os mesmos autores, os estoques de biomassa aérea desse bioma variam de menos 10 Mg ha^{-1} a 160 Mg ha^{-1} , com valores mais frequentes na faixa de 40 a 60 Mg ha^{-1} . Notadamente, regiões semiáridas apresentam menor produtividade primária líquida em função das constantes secas (JHA e SRIVASTAVA, 2018). Nesse sentido, se for comparada a Caatinga com regiões mais chuvosas, evidentemente se observará menor produtividade na Caatinga. Já entre áreas de Caatinga contíguas, que, aparentemente recebem a mesma intensidade de chuvas, outros dois fatores podem estar ligados à explicação: o tipo de solo e a umidade do mesmo (ou o acesso à água pelas raízes em profundidade).

Agrupamentos dos Quadrantes: Biomassa e Atributos Do Solo

A proporção acumulada nos componentes principais CP1 e CP2 foi de 94,65%. A CP1 e CP2 apresentaram respectivamente 80,77% e 13,88% da variância total dos dados (Figura 3) e autovalores superiores a um (Tabela 2). Os demais autovalores associados aos demais componentes principais foram menores que um. Portanto, somente os dois CPs (CP1 e CP2) serão apresentados. Analisando o conjunto de autovetores e cargas fatoriais associadas, os atributos que mais discriminam e mais se correlacionam a cada componente principal são: Mn, silte, Ca, Mg e areia, respectivamente, para CP1, e, argila, Fe, Al, Cu e biomassa, para a CP2 (Tabela 2).

Analisando a relação dos quadrantes em cada componente, por meio de seus escores, é possível observar uma maior contribuição dos quadrantes da CAr nas CPs (Tabela 2). Na Figura 3 é possível visualizar os atributos que estão relacionados a cada área e quadrante. Os solos da CAr-Arb e CArb são caracterizados pela presença marcante de altas concentrações de alumínio, areia e baixa fertilidade natural. O contrário é observado nos quadrantes da CAr. Os maiores estoques de biomassa estão em Q2 e Q3. Na Figura 3 é possível observar que os maiores estoques de biomassa se concentram nos locais onde há maior concentração dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas: K, Ca, Mg e P, bem como, maiores teores nas frações finas do solo (silte e argila). Além disso, é possível observar uma homogeneidade dos atributos do solo dentro de cada área, evidenciando que a amostragem do solo foi representativa e suficiente.

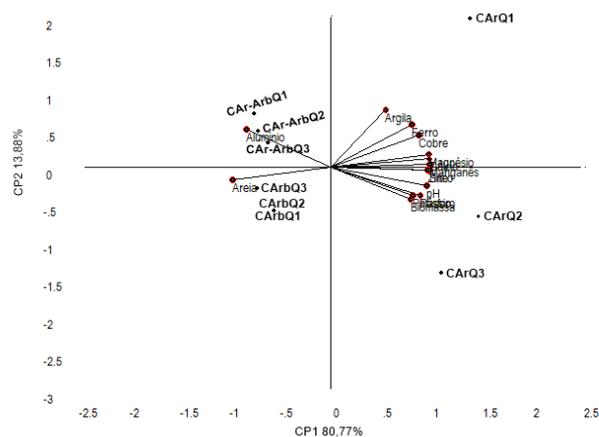


Figura 3 - Biplot baseado na Análise de Componentes Principais (primeiros dois eixos explicando 94,65% da variação total), ilustrando as relações entre as propriedades físicas e químicas do solo e a biomassa aérea em áreas de Caatinga: CAr (Caatinga Arbórea), CArb (Caatinga Arbustiva) e CAr-Arb (Caatinga Arbóreo-Arbustiva) em Bom Jesus, Piauí, Brasil.

A análise de componentes principais permitiu uma melhor visualização do agrupamento dos quadrantes. Uma das vantagens de se considerar esse tipo de análise em estudos ambientais é que a mesma leva em consideração possíveis ligações entre as variáveis independentes, levando em conta os links existentes entre variáveis do mesmo grupo e entre dois grupos de variáveis (XU et al., 2008). Fato esse não observado em uma análise de correlação simples, uma vez que essa pode levar a redundâncias, dificultando a determinação do efeito exato de cada fator nas características da vegetação.

Minsheng et al. (2005) usou análise de componentes principais para avaliar a relação da biomassa terrestre de diferentes arbustos com os fatores ambientais, umidade do solo, nutrientes do solo e atributos topográficos em ambientes semiáridos da China. A análise de componentes principais mostrou que o pH do solo, P disponível, N total, matéria orgânica do solo e o declive tiveram efeitos na biomassa terrestre de arbustos no primeiro componente principal. O segundo componente principal incluiu principalmente umidade e altitude do solo. O terceiro e quarto componente principal consistiam principalmente de potássio disponível e gradiente de inclinação, respectivamente.

Relação Biomassa e Atributos do Solo

Os coeficientes de correlação entre a variável dependente (biomassa) e as variáveis independentes (atributos do solo) estão apresentados na Tabela 2. Os coeficientes variaram de 0,37 a 0,87. As maiores correlações foram encontradas entre as variáveis independentes ferro (0,87), areia (-0,83), silte (0,77) e cobre (0,76) com a biomassa. Os coeficientes de correlação para essas variáveis foram significativos a 5% de probabilidade. A relação entre a biomassa e as demais variáveis independentes não foi significativa ($p > 0,05$). Os resultados da correlação confirmam os resultados obtidos na ACP.

A ACP e a análise de correlação apontam que os aumentos nos estoques de biomassa foram acompanhados por aumentos nos teores de ferro e cobre (Relação linear positiva). Embora existam relatos de efeitos tóxicos do ferro em algumas espécies (KUKI et al., 2009), o mesmo foi encontrado em grandes quantidades por Téo et al. (2009) na biomassa de vários compartimentos de *Mimosa scabrella* (bracatinga), no sul do Brasil. Esses autores relataram que para o conteúdo total de micronutrientes na biomassa aérea de bracatinga, a seguinte ordem foi verificada $Fe > Mn > Cu > Zn$. Evidenciando assim que esses micronutrientes podem ser requeridos em grandes quantidades, de acordo com a espécie. Dessa forma, as espécies que mais se adequam a determinadas condições e recursos do meio acabam apresentando maior dominância na área. Se tais espécies têm, por característica intrínseca, ser mais produtivas, isso será refletido na produtividade da área.

Outro fator determinante na distribuição espacial de biomassa, foi a textura do solo. Essa foi fortemente correlacionada com os estoques de biomassa, apresentando relação negativa com os teores de areia e positiva com as frações de silte e argila (não significativo). Angassa et al. (2012), estudando o efeito de atributos do solo nos estoques de biomassa em terras áridas e semiáridas do sul da Etiópia, relataram também um aumento da biomassa de gramíneas sob altos teores de silte e argila no solo. Isso indica que os estoques de biomassa em regiões semiáridas podem ser explicados, em parte, pelos atributos do solo que controlam o conteúdo de água retido no mesmo.

Portanto, os resultados desse estudo poderão subsidiar práticas de restauração em áreas semiáridas, já que a restauração e o manejo de um ecossistema devem considerar a vegetação e o solo, uma vez que a coevolução da vegetação e do solo pode levar a uma forte resiliência do ecossistema, formando um círculo de feedback, que poderia levar o ecossistema atual a um nível mais alto de sucessão (XU et al., 2008). De forma que, por um lado, a vegetação pode melhorar e proteger a qualidade do solo. E, por outro lado, o solo melhorado poderiam facilitar o recrutamento de plantas.

4 | CONCLUSÃO

A análise de componentes principais e de correlação evidenciam que a distribuição de biomassa nas áreas de estudos foi principalmente influenciada pelos elevados teores de ferro, silte e cobre e reduzidos teores de areia. Corroborando, em parte, com a hipótese levantada na pesquisa, de que os estoques de biomassa aérea em regiões semiáridas são espacialmente dependentes de propriedades físicas e químicas do solo.

	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Argila	Areia (g kg ⁻¹)	Silte	pH (H ₂ O)	Fósforo mg dm ⁻³	Potássio	Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	Magnésio	Alumínio	Cobre	Ferro	Manganês (mg dm ⁻³)	Zinco
CP1 (Aut. λj = 11,31)	0,238	0,164	-0,290	0,296	0,286	0,267	0,244	0,294	0,291	-0,249	0,264	0,242	0,296	0,289
CP2 (Aut. λj = 1,94)	-0,307	0,546	-0,120	-0,030	-0,179	-0,271	-0,271	0,077	0,122	0,360	0,307	0,410	0,023	-0,031
Conjunto de cargas totais associadas dos descritores														
CP1	0,800	0,551	-0,975	0,995	0,961	0,897	0,822	0,988	0,980	-0,838	0,887	0,814	0,995	0,973
CP2	-0,427	0,761	-0,168	-0,041	-0,250	-0,377	-0,377	0,108	0,170	0,501	0,428	0,571	0,032	-0,040
Escores em relação aos componentes principais														
			CArQ1	CArQ2	CArQ3	CArbQ1	CArbQ2	CArbQ3	CAr-Ar- bQ1	CAr-Ar- bQ2	CAr-Ar- bQ3			
CP1			7,992	8,271	7,014	1,406	1,421	0,833	0,739	0,881	1,219			
CP2			2,401	-1,294	-2,339	-1,188	-1,177	-0,765	0,627	0,309	0,083			

Tabela 2 – Componentes principais, CP1 e CP2: autovalores (Aut. λj), conjunto de autovetores, cargas totais e escores dos grupos de variáveis (atributos do solo e biomassa aérea) em três áreas de Caatinga: CAr (Caatinga Arbórea), CArb (Caatinga Arbustiva) e CAr-Arb (Caatinga Arbóreo-Arbustiva) em Bom Jesus, Piauí, Brasil.

Negrito, variáveis que mais discriminam (autovetores) e/ou se correlacionam (conjunto de cargas totais) com cada componente.

	Argila	Areia (g kg ⁻¹)	Silte	pH (H ₂ O)	Fósforo (mg dm ⁻³)	Potássio	Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	Magnésio	Alumínio	Cobre	Ferro	Manganês (mg dm ⁻³)	Zinco
Biomassa	0,62 ^{ns}	-0,83 ^{**}	0,77 [*]	0,48 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,38 ^{ns}	-0,49 ^{ns}	0,76 [*]	0,87 ^{**}	0,37 ^{ns}	0,43 ^{ns}

Tabela 3 – Coeficientes de correlação de Spearman entre os atributos do solo e a biomassa aérea (Mg ha⁻¹) em quadrantes de três fragmentos de Caatinga no município de Bom Jesus, Piauí, Brasil (n = 9).

** p-valor < 0,01; * p-valor < 0,05; ^{ns} p-valor > 0,05

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. C.; OLIVEIRA, E.; CALEGARI, L.; NETO, P. N. D. M. M.; PIMENTA, A. S. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 165-173, 2015.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANGASSA, A.; SHELEME, B.; OBA, G.; TREYDTE, A. C.; LINSTÄDTER, A.; SAUERBORN, J. Savanna land use and its effect on soil characteristics in southern Ethiopia. **Journal of Arid Environments**, v. 81, p. 67-76, 2012.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4^a ed, Porto Alegre: Artmed, 2007.

BELTRÃO, M. G. **Biomassa aérea no semiárido da Paraíba, Brasil**. 2014. 85 f. Dissertação (mestrado em ecologia e conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Campina Grande – PB, 2014.

CAMPOS, A. R. **Classificação pedológica de perfis de solo em transecto na bacia hidrográfica**

do Rio Gurguéia. 2014. 72 f. Dissertação (mestrado em solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus, 2014.

CARNEIRO, A. C. O.; SANTOS, R. C.; CASTRO, R. V. O.; CASTRO, A. F. N. M.; PIMENTA, A. S, PINTO, E. M.; ALVES, I. C. N. Estudo da decomposição térmica da madeira de oito espécies da Região do Seridó, Rio Grande do Norte. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p.1153-1163, 2013.

COSTA, T. G; BIANCHI, M. L.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; JÚNIOR PEREIRA, A. Qualidade da Madeira de cinco espécies de ocorrência no cerrado para produção de carvão vegetal. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 37-45, 2014.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.

DELHAIZE, E.; RYAN P.R. Aluminum toxicity and tolerance in plants. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.107, p.315-321, 1995.

EISFELDER, C.; KLEIN, I.; BEKKULIYEVA, A.; KUENZER, C.; BUCHROITHNER, M. F.; DECH, S. Above-ground biomass estimation based on NPP time-series – A novel approach for biomass estimation in semi-arid Kazakhstan. **Ecological Indicators**, v. 72, p. 13-22, 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed, Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. 2º ed. RJ, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

GAUTHEIR, T. D. Detecting Trends Using Spearman´s Rank Correlation Coefficient. **Environmental Forensics**, v. 2, n. 4, p. 359-362, 2001.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6ª Ed, Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HE, QIHUA.; HE, Y. H.; BAO, W. K. Dynamics of soil water contents on south-facing slope of dry valley area in the upper reaches of the Minjiang River. **Chinese Journal of Applied and Environmental Biology**, v. 10, n. 1, p. 68-74, 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação**. Brasília, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **BDMEP: Dados históricos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2017.

JHA, SHOUVIK.; SRIVASTAVA, ROHIT. Impact of drought on vegetation carbon storage in arid and semi-arid regions. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 11, p. 22-29, 2018.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.

KUKI, K. N.; OLIVA, M. A.; COSTA, A. C. The simulated effects of iron dust and acidity during the early stages of establishment of two coastal plant species. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 196, n. 1-4, p. 287-295, 2009.

LE TOAN, T.; QUEGAN, S.; DAVIDSON, M. W. J.; BALZTER, H.; PAILLOU, P.; PPATHANASSIOU, K.; ULANDER, L. The BIOMASS mission: Mapping global forest biomass to better understand the terrestrial carbon cycle. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 11, p. 2850-2860, 2011.

- MAESTRE, F. T.; CORTINA, J. Small-scale spatial variation in soil CO₂ efflux in a Mediterranean semiarid steppe. **Applied Soil Ecology**, v. 23, n. 3, p. 199-209, 2003.
- MATHUR, MANISH.; SUNDARAMOORTHY, S. Patterns of herbaceous species richness and productivity along gradients of soil moisture and nutrients in the Indian Thar Desert. **Journal of Arid Environments**, v. 125, p. 80-87, 2016.
- MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTORIA, R. L. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. Seminário Emissão X Sequestro de CO₂ – Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil, Rio De Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CURD, 1994, p. 197221.
- MINSHENG, Y.; WENBIN, G.; ZHANXIONG, B.; KEMING, M.; GUOHUA, L.; XILIN, W. Ecological gradient of plant community in the dry valley of Minjiang River. (Em chinês com resumo em inglês). **Science of Soil and Water Conservation**, v. 3, n. 2, p. 70-75, 2005.
- NDAGURWA, H. G.; MAPONGA, T. S.; DUBE, B.; NZUMA, T. M.; MUVENGWI, J. Termitaria vs. mistletoe: Effects on soil properties and plant structure in a semi-arid savanna. **Acta Oecologica**, v. 91, p. 35-42, 2018.
- OLDEMAN, L. R.; HAKELING, R. T. A.; SOMBROEK, W. G. **World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note**. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre, and Nairobi: United Nations Environment Programme, 1991.
- OLIVEIRA, G. M. V. **Densidade da madeira em Minas Gerais: amostragem, espacialização e relação com variáveis ambientais**. 2014. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, G. C. Biomass equations for Brazilian semiarid caatinga plants. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 935-943, 2005.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; COSTA, T. L. Estoques e Fluxos de Carbono no Semiárido Nordeste: Estimativas Preliminares. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 6, p. 1275-1291, 2012.
- SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J.M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.
- SESSA, R.; DOLMAN, H. **Terrestrial Essential Climate Variables for Climate Change Assessment, Mitigation and Adaptation**. Rome: FAO GTOS-52, 2008, 40 p.
- SILVA, F. C.; BARRETO, W. D. O.; Pérez, D. V.; Silva, C. A. Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 1998.
- SUTCLIFFE, J. F.; BAKER, D. A. **As plantas e os sais minerais**. [tradução A. Lambert e V. M. Lotto]. São Paulo: EPU. (Temas de Biologia, v. 33), 1989.
- TÉO, S. J.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; REISSMANN, C. B. Modelagem de Micronutrientes para *Mimosa scabrella* na Região Metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná.

Pesquisa Florestal Brasileira, n. 59, p. 15-25, 2009.

WAMBEKE, A. V. Criteria for classifying tropical soils by age. **Journal of soil Science**, v. 13, n. 1, p. 124-132, 1962.

XU, X. L.; MA, K. M.; FU, B. J.; SONG, C. J.; LIU, W. Relationships between vegetation and soil and topography in a dry warm river valley, SW China. **Catena**, v. 75, n. 2, p. 138-145, 2008.

INFLUÊNCIA DO VOLUME MÉDIO POR ÁRVORE NA PRODUTIVIDADE E NOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO FELLER BUNCHER

Luis Carlos de Freitas

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Vitória
da Conquista – Bahia

Francisco de Assis Costa Ferreira

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Vitória
da Conquista – Bahia

Elton da Silva Leite

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,
Cruz das Almas - Bahia

Ana Paula da Silva Barros

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Vitória
da Conquista – Bahia

Danusia Silva Luz

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Vitória
da Conquista – Bahia

Aline Pereira das Virgens

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Vitória
da Conquista – Bahia

RESUMO: Dentre as variáveis que influenciam na produtividade de máquinas de colheita florestal, o volume médio por árvore (VMI) apresenta uma importância estratégica. Objetivou-se com este trabalho contextualizar a produtividade bem como os custos de produção do *Feller-Buncher* em função do

volume médio por árvore. O estudo de tempo foi abordado como forma de caracterizar o tempo gasto pela máquina em cada etapa de seu ciclo operacional. As atividades foram mensuradas por meio de visualizações de gravações de vídeos a partir de câmeras instaladas nas máquinas. Buscando comparar o tempo gasto em cada etapa do seu ciclo operacional, em relação a produtividade florestal, utilizou-se um teste de médias (Tukey em nível de 5% de significância). Observou-se pelo presente estudo que o deslocamento vazio não apresentou diferença estatística significativa em função da produtividade da floresta. Quando avaliadas às etapas de corte e acúmulo, os resultados evidenciaram maior tempo gasto nas operações em florestas com menores produtividades. Em relação ao deslocamento e descarga, o equipamento gastou menor tempo quando da realização do trabalho em florestas menos produtivas, em função de possuir elevado tempo de corte e acúmulo. A produtividade e o custo de produção do *Feller-Buncher* oscilou de forma expressiva quando da variação de Volume Médio por Árvore, mostrando que o aumento da produtividade florestal, até um determinado nível, condiciona para melhoria do desempenho do maquinário, com conseqüente redução do custo por metro cúbico colhido.

PALAVRAS-CHAVES: Colheita florestal;

planejamento florestal e máquinas florestais.

ABSTRACT: Among the variables that influence the productivity of forest harvesting machines, the average volume per tree shows a significant importance. The aim of this work was to contextualize the productivity as well as the production costs of the *Feller-Buncher* machine related to average volume per tree. The time study was approached in order to characterize the time used by the machine in each stage of the operational cycle. The activities were measured by visualizations of video recordings from cameras installed on the machines. In order to compare the efficiency of the machinery at each stage of the operational cycle, in relation to the forest productivity, it was used the means test (Turkey in the level of 5% of significance). We have observed in this study that the empty displacement did not show significant statistical difference related to forest productivity. Evaluating the cutting and accumulation stages, the results evidenced a significant time in operations with lower productivity forest. In relation to the displacement and discharge activity, the equipment showed a short time when the operation was carried out in less productive forests, due to high cutting time and accumulation. The productivity and cost of production of the *Feller-Buncher* machine fluctuated significantly due to the variation of average volume per tree, showing that the increase of the forest productivity up to a limit, provides the performance of the machinery, providing consequent reduction of the cost per cubic meter harvested.

KEYWORDS: timber harvesting; forest planning; forestry machinery.

1 | INTRODUÇÃO

O *Feller-Buncher* é composto por uma máquina base, normalmente com rodados de esteiras, uma lança hidráulica e um cabeçote de corte. O cabeçote tem a função de cortar, acumular árvores e derrubar em um local determinado, apresentando, entre seus principais componentes, braços da garra de colheita, braços da garra de acumulação e um cabeçote de corte o qual pode ser de sabre, tesoura ou disco. O sistema de corte com sabre é similar ao corte efetuado por motosserras, com diferença básica na força propulsora da corrente, a qual é acionada por um dispositivo hidráulico. O corte com cabeçote de tesoura pode apresentar algumas variações quanto ao número de lâminas e ao sentido do corte. Os cabeçotes de discos apresentam um motor hidráulico que aciona um disco de metal constituído de dentes nas suas extremidades.

Em relação as principais variáveis que influenciam no rendimento do *Feller-Buncher*, pode-se citar a declividade do terreno e o volume médio por árvore (VMI). Tais variáveis refletem na produtividade do maquinário e nos custos de produção, evidenciando importância estratégica no planejamento técnico, operacional e econômico da atividade. O aumento da declividade do terreno faz com que as máquinas florestais reduzam a produtividade, principalmente em função da redução do campo de visão do operador e instabilidade da máquina, o que pode aumentar o risco de

tombamentos (LEITE, 2012).

Para a variável VMI, os casos extremos podem comprometer a sustentabilidade econômica do processo de mecanização florestal. Alguns estudos mostram o desempenho do *Feller-Buncher* em função do VMI, com níveis de produtividade variando de 79,30 m³ h⁻¹ (VMI=0,18 m³) até 188,98 m³ h⁻¹ (VMI 0,62 m³), com custo de produção oscilando de US\$ 1,99 m⁻³ até US\$ 0,83 m⁻³, respectivamente. As variações mostram, portanto, uma redução de mais de 50% nos custos em virtude do aumento da produtividade florestal.

As máquinas de colheita, geralmente importadas, necessitam de mais estudos de avaliação de desempenho nas condições brasileiras, que de forma geral, possui florestas de eucalipto homogêneas, de ciclo curto e cultivado em clima tropical, situação que difere dos centros de construção destas máquinas.

Diante deste cenário, objetivou-se com este trabalho contextualizar a influência do volume por árvore na produtividade e nos custos de produção do *Feller-Buncher*.

2 | COLHEITA FLORESTAL

A colheita florestal é uma das etapas da cadeia produtiva da madeira que apresenta grande demanda de recursos financeiros, podendo representar mais de 50% dos custos de um empreendimento florestal (MACHADO et al., 2014). Compreende um conjunto de operações realizadas no maciço florestal que objetiva preparar e extrair a madeira até o local de transporte por meio de técnicas e padrões estabelecidos.

Atualmente, os métodos mecanizados são os mais utilizados pelas grandes empresas florestais. A mecanização tem contribuído para a eficiência do processo de colheita florestal, aumentando a produtividade, reduzindo os custos e acidentes, facilitando ainda o processo de gestão das operações (SPINELLI, 2009).

O corte é a primeira operação da colheita de madeira e tem grande influência na realização das operações subsequentes, de modo que compreende as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento, destopamento e empilhamento (SANT'ANNA, 2014; PULKKI, 2006). Entre as principais máquinas utilizadas no corte, o *Harvester* e o *Feller-Buncher* apresentam destaque.

A operação de extração refere-se à movimentação da madeira desde o local de corte até a margem do talhão ou pátio intermediário. De acordo com a máquina utilizada a operação pode ser chamada de baldeio, arraste, encoste ou transporte primário (SEIXAS e CASTRO, 2014). As máquinas mais utilizadas para a realização da extração são o *Forwarder* e *Skidder* (MORAES, 2012).

Por possuir operações de altos custos e uma seqüência de processos interdependentes, a colheita florestal exige um planejamento criterioso, visando à melhoria dos procedimentos, objetivando, sempre, reduzir os custos de produção.

3 | ASPECTOS OPERACIONAIS DO *FELLER-BUNCHER*

O *Feller-Buncher* (Figura 1) realiza o corte, acúmulo e a derrubada das árvores, deixando-as no talhão na forma de feixes. Os feixes são depositados em local definido no microplanejamento, objetivando melhorar a etapa subsequente relacionada ao processo de extração.

Os povoamentos conduzidos por talhadia e colhidos de forma mecanizada normalmente são manejados com apenas um broto por cepa visando o melhor desempenho do maquinário na atividade de colheita florestal.



Fonte: Ferreira (2015)

Figura 1 - *Feller-Buncher* da marca John Deere.

O ciclo operacional do *Feller-Buncher* inicia no momento do “deslocamento vazio” da máquina até as árvores, passando pelas atividades de “corte e acúmulo” e finalizando após o “deslocamento e descarga” do feixe de árvores no solo, variando a quantidade de árvores por ciclo em função do volume médio individual. As atividades envolvidas no ciclo operacional do *Feller-Buncher* encontram-se descritas a seguir:

1. Deslocamento vazio: refere-se ao deslocamento da máquina com o cabeçote vazio.
2. Corte e acúmulo: refere-se à atividade de cortar e acumular, iniciando com o corte da primeira árvore e término após o corte da última árvore do feixe no interior do cabeçote.
3. Deslocamento e descarga: refere-se ao deslocamento carregado com o feixe de árvores até a descarga do cabeçote, inicia-se após o corte e acúmulo e finaliza no momento em que o feixe é descarregado perpendicularmente ao eixo de trabalho.

4 | ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS

O desempenho dos maquinários é quantificado e otimizado por meio de estudos de tempos e movimentos, objetivando não apenas conhecer os tempos gastos em cada operação, mas também avaliar os possíveis fatores que influenciam a produtividade. Este estudo é indispensável na comparação de diferentes métodos de operação, permitindo ainda estimar equações matemáticas referentes à produtividade dos maquinários em diversas condições operacionais (MORAES, 2012). Existem três métodos básicos para a quantificação do tempo: método de tempo contínuo, individual e multimomento.

No método de tempo contínuo o cronômetro permanece acionado quantificando o tempo durante todo o período do estudo, sendo a leitura realizada ao fim de cada elemento e o tempo obtido por subtração. Já no método de tempo individual o cronômetro é iniciado e parado no fim de cada elemento, obtendo dessa forma o tempo do elemento diretamente. No método multimomento (amostragem do trabalho) o cronômetro é iniciado e a cada intervalo de tempo predeterminado é observado qual operação está sendo realizada naquele momento, então é quantificada a frequência dos elementos que compõe determinado ciclo de trabalho.

No Brasil existem algumas pesquisas relacionadas ao estudo de tempos e movimentos para o *Feller-Buncher*, conforme relatado por Simões et al. (2014); Ferreira (2015) e Santos (2016). Em busca de maior eficiência, as atividades podem ser mensuradas por meio de sensoriamento remoto, a partir de visualizações de gravações de vídeos de câmeras instaladas no interior e exterior das máquinas. A utilização do sensoriamento remoto permite evitar oscilações de produtividade do operador por coação presencial de avaliação de campo, revisar as atividades operacionais e reduzir o tempo e custos na coleta de dados.

O estudo de tempos e movimentos deve estar compatível com o número mínimo de ciclos que possam atender o erro máximo de amostragem admissível, utiliza-se normalmente metodologia de Barnes (1977), conforme Equação 1.

$$n \geq \frac{T^2 CV^2}{E^2} \quad \text{Equação 1.}$$

Em que:

n = número mínimo de ciclos necessários; t = valor de t, para o nível de probabilidade desejado e (n-1) graus de liberdade; CV = coeficiente de variação (%) e E = erro de amostragem admissível (5%).

Conforme os dados abaixo observa-se que o número de ciclos quantificados foi superior ao número necessário, sendo adotado um total de 1.149 coletas, valor muito superior ao estimado pela metodologia de Barnes (1977), onde foi constatada a necessidade de realização de 174 ciclos (Tabela 1).

VMI (m ³ _{cc})	Ciclos necessários	Parcelas	Ciclos quantificados	Árvores por ciclo	Segundos por ciclo	Tempo total (h)	Nº de árvores quantificadas
0,18	43	5	241	5,70	46,12	3,15	1.373
0,34	59	5	348	4,32	38,57	3,74	1.493
0,51	34	5	291	3,15	32,01	2,59	916
0,63	38	5	269	2,65	31,97	2,37	714
Total	174	20	1.149	3,91*	36,94*	11,84	4.506

VMI= Volume médio individual; m³_{cc}= metros cúbicos com casca; (*) Valores obtidos por meio de média ponderada.

Tabela 1 - Total da amostragem realizada em função do volume por árvore colhida com o *Feller-Buncher*.

Analisando as condições de produtividades apresentadas acima (VMI 0,18; VMI 0,34; VMI 0,51 e VMI 0,63), o *Feller-Buncher* apresentou tempo médio de 36,94 segundos para completar um ciclo operacional, com média de 3,91 árvores. Tais valores podem mostrar divergência quando comparado a outros estudos, principalmente pelas distintas condições de produtividade das florestas, experiência do operador, turno de trabalho e condições de manejo.

O aumento do VMI proporcionou redução do tempo do ciclo operacional, menor quantidade de árvores por ciclo, contribuindo para o aumento de produtividade da máquina. Para as atividades do ciclo operacional observou-se que o “deslocamento vazio” não mostrou diferenças em relação aos níveis de produtividade florestal, entretanto, para as atividades de “corte e acúmulo” e “deslocamento e descarga” foi observada uma situação inversa, conforme ilustrado na Tabela 2.

Elementos do ciclo operacional do <i>feller-buncher</i>	Produtividade da floresta		
	Baixa	Média	Alta
Deslocamento vazio	5,39 a	4,96 a	3,94 a
Corte e acúmulo	33,55 a	25,33 b	17,92 c
Deslocamento e descarga	7,18 b	8,28 ab	10,12 a

(*) Médias seguidas de letra diferente na linha são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Análise estatística do ciclo operacional (segundos) do *Feller-buncher* em função da produtividade da floresta.

As atividades de “corte e acúmulo” apresentaram maiores quantidades de árvores para os menores VMI, impactando maior tempo desta operação quando comparado às florestas mais produtivas (maior VMI). As áreas com maiores volumes resultaram em menor quantidade de árvores no cabeçote da máquina por ciclo, contribuindo para o descarregamento mais frequente dos feixes de árvores.

5 | ANÁLISE DE CUSTOS PARA O FELLER-BUNCHER

Os custos fixos correspondem à soma de todos os fatores físicos de produção,

esses não são influenciados pelo grau de utilização das máquinas, sendo compostos pelos custos de depreciação, juros, seguros, impostos, abrigo e taxas de administração (SILVA et al., 2014). Os custos variáveis são os custos que variam com o grau de utilização da máquina, sendo compostos por combustíveis, lubrificantes e graxas, óleo hidráulico, pneus ou esteiras, reparos e manutenções, mão de obra, transporte do pessoal e maquinário (SILVA et al., 2014). O Custo operacional total consiste no somatório de todos os componentes de custos fixos e variáveis, expresso em US\$ he⁻¹ ou R\$ he⁻¹.

Os componentes de custos operacionais de maior destaque para o *Feller-Buncher* são os custos de manutenção e reparos, custo de combustível, custo de mão de obra e custo de depreciação. Análises destes parâmetros são importantes como forma de nortear as empresas em relação aos componentes de maior impacto econômico, na busca de medidas de ajustes para reduzir os custos de produção. Tais custos podem divergir de empresa para empresa, dada as condições diferenciadas de salário, equipamento empregado, treinamento dos operadores, condições de manejo, dentre outras.

O custo operacional do *Feller-Buncher* pode chegar a US\$ 157,76 por hora efetivamente trabalhada, sendo grande parte composto pelos custos variáveis (figura 2).

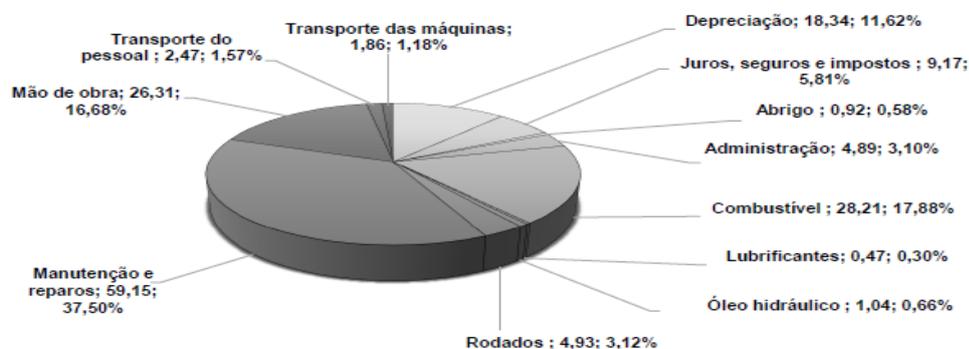


Figura 2 - Componentes de custo operacional do feller-buncher em dólares por hora efetiva trabalhada e porcentagem.

Em aspectos gerais, os custos fixos podem variar de 20,0 a 30,0% dos custos operacionais, enquanto as variáveis encontram-se na faixa de 70,0 e 80,0%. (SIMÕES et al., 2010; LEITE et al., 2013; SIMÕES; FENNER, 2010; LEITE et al., 2014).

O custo de produção do *Feller-Buncher*, assim como as demais máquinas empregadas no processo da colheita florestal, pode ser determinado pela razão entre o custo operacional e a produtividade efetiva da máquina. Percebe-se que o aumento do VMI, até um determinado limite, condiciona para melhoria de produtividade da máquina (tabela 3), com conseqüente redução de seu custo de produção. A tabela 3 apresenta a produtividade efetiva do *Feller-Buncher*, variando em função do Volume Médio por Árvore (VMI), em plantios de eucalipto.

VMI (m ³ _{cc})	Produtividade		Incremento de produtividade
	m ³ he ⁻¹	árv he ⁻¹	
0,18	79,30	440,54	-
0,20	88,06	440,29	11,05%
0,22	96,46	438,45	9,54%
0,24	104,50	435,43	8,34%
0,26	112,18	431,48	7,35%
0,28	119,51	426,81	6,53%
0,30	126,47	421,57	5,83%
0,32	133,07	415,86	5,22%
0,34	139,32	409,76	4,69%
0,36	145,20	403,34	4,22%
0,38	150,73	396,65	3,81%
0,40	155,89	389,74	3,43%
0,42	160,70	382,62	3,08%
0,44	165,15	375,33	2,77%
0,46	169,23	367,90	2,47%
0,48	172,96	360,33	2,20%
0,50	176,33	352,66	1,95%
0,52	179,34	344,88	1,71%
0,54	181,98	337,01	1,48%
0,56	184,27	329,06	1,26%
0,58	186,20	321,04	1,05%
0,60	187,77	312,95	0,84%
0,62	188,98	304,81	0,64%

*m³_{cc}= metros cúbicos com casca

Tabela 3 - Produtividade e incremento de produtividade do *Feller-Buncher* em função do Volume Médio por Árvore (VMI) em povoamentos de eucalipto.

Considerando o custo operacional do *Feller-Buncher* mencionado anteriormente, US\$ 157,76 por hora efetiva do trabalho, e as produtividades do respectivo maquinário nos VMI mínimo (0,18) e máximo (0,62), conforme tabela 3, observa-se uma diferença no custo de produção na ordem de US\$ 1,16 para cada metro cúbico colhido.

6 | FATORES INFLUENTES NA PRODUTIVIDADE

A produtividade pode ser afetada por diversas variáveis que interferem na capacidade operacional dos maquinários, com reflexos no custo final da madeira. No Brasil ainda existem poucos estudos sobre a real influência dessas variáveis nas condições de trabalho dos maquinários (BURLA, 2008). Em se tratando de máquinas florestais, mais especificamente do *Feller-Buncher*, podemos destacar basicamente duas variáveis de grande influência na produtividade, sendo estas o volume por árvore e declividade do terreno (LEITE, 2012).

7 | DECLIVIDADE DO TERRENO

O aumento da declividade do terreno faz com que as máquinas florestais reduzam a produtividade, principalmente em função da redução do campo de visão do operador e instabilidade da máquina, o que pode aumentar o risco de tombamentos (LEITE, 2012). O aumento da declividade, ainda que esteja dentro do limite de operação da

máquina, faz com que o operador se torne mais cauteloso, quando da realização de suas atividades, refletindo na queda de rendimento e perda de produção.

8 | VOLUME POR ÁRVORE

A produtividade das máquinas de colheita florestal, em especial as que realizam o corte, aumenta com o incremento do volume por árvore, até atingir um determinado valor, correspondente ao limite técnico da máquina (BURLA, 2008). Tal informação mostra-se importante na composição das especificações dos cabeçotes processadores. Pode-se concluir, portanto que os equipamentos têm aumento de produtividade até determinado volume por árvore, e então a produtividade tende a estabilizar ou decrescer, em função do aumento de dificuldade da operação, principalmente nas etapas de abate e processamento (BRAMUCCI; SEIXAS, 2002; SEIXAS; BATISTA, 2014).

9 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O alto custo operacional do *Feller-Buncher* acaba por exigir um elevado rendimento em todas suas etapas do ciclo operacional. Neste contexto, deve-se atentar para os estudos de tempos e movimentos como forma de se determinar o desempenho da máquina em todos seus processos operacionais, buscando intervir com treinamento, ajustes do maquinário, condições de operação, quando da ocorrência de quaisquer anormalidades, buscando, sobretudo, a sustentabilidade econômica da colheita florestal.

REFERÊNCIAS

BARNES, R.M. **Estudos de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977, 635p.

BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. **Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de harvesters na colheita florestal**. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 62, p. 62-74, dez., 2002.

BURLA, E. R. **Avaliação técnica e econômica do “harvester” na colheita do eucalipto**. Viçosa-MG: UFV, 2008, 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

LEITE, E. S. **Modelagem técnica e econômica de um sistema de colheita florestal mecanizada de toras curtas**. Viçosa-MG: UFV, 2012, 109 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; LEITE, H. G.; GUEDES, I. L. **Modelagem técnica e de custos do Harvester no corte de madeira de eucalipto no sistema de toras curtas**. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 205-215, jan., 2013.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S.; CASTRO, G. P.; **O setor florestal brasileiro e a colheita florestal**. In: MACHADO, C. Cardoso (Eds.). *Colheita florestal*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014, p. 15-45.

MORAES, A. C. **Análise do treinamento de operadores de máquinas de colheita de madeira**. Viçosa-MG: UFV, 2012, 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

PULKKI, R. E. **Glossary of forest harvesting terminology**. 2006. Disponível em: <flash.lakeheadu.ca/~repulkki/REP_terminology.pdf>. Acesso em: 15 set. 2017.

SANT'ANNA, C. M.; Corte. In: MACHADO, C. Cardoso (Eds.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014, p. 74-105.

SANTOS, D. W. F. D. N. **Avaliação técnica e econômica de um sistema alternativo de colheita florestal de toras curtas**. Viçosa-MG: UFV, 2016, 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

SEIXAS, F., CASTRO, G. P., Extração. In: MACHADO, C. Cardoso (Eds.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014, p. 106-157.

SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. **Comparação técnica e econômica entre harvesters de pneus e com máquina base de esteiras**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 185-191, jan./mar., 2014.

SILVA, M. L., MIRANDA, G. M., CORDEIRO, S. A., LEITE, E. S., Custos. In: MACHADO, C. Cardoso (Eds.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014, p. 254-287.

SIMÕES, D., FENNER, P. T., ESPERANCINI, M. S. T. **Produtividade e custos do Feller-Buncher e processador florestal em povoamentos de eucalipto de primeiro corte**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 621-630, jul./set. 2014.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. **Influência do relevo na produtividade e custos do “harvester”**. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 107-114, mar., 2010.

SPINELLI, R.; WARDB, S. M.; OWENDEC, P.M. **A Harvest and transport cost model for *Eucalyptus* spp. fast-growing short rotation plantations**. *Biomass and Bioenergy*, v. 33, n. 9, p. 1265-1270, 2009.

MAPEAMENTO DE FOCOS DE CALOR EM ÁREA DE INVASÃO BIOLÓGICA NO DOMÍNIO MATA ATLÂNTICA EM MINAS GERAIS

Eduarda Soares Menezes

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri - UFVJM
Diamantina – MG

Danielle Piuzana Mucida

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri - UFVJM
Diamantina – MG

Luciano Cavalcante de Jesus França

Universidade Federal de Lavras - UFLA
Lavras – MG

Aline Ramalho dos Santos

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Jerônimo Monteiro – ES

Marcos Vinicius Miranda Aguiar

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais -
IFNMG
Salinas – MG

Eduardo Alves Araújo

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Jerônimo Monteiro – ES

Fernanda Silveira Lima

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri - UFVJM
Diamantina – MG

Amanda Cristina dos Santos

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri - UFVJM
Diamantina – MG

Israel Marinho Pereira

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri - UFVJM
Diamantina – MG

RESUMO: O desmatamento e transformação de extensas áreas para uso agropecuário têm contribuído na disseminação da samambaia *Pteridium esculentum subsp. arachnoideum* (Kaulf.) J.A. Thomson, que coloniza estes espaços antrópicos devido características peculiares da espécie, como a a resistência de seus rizomas ao fogo. O objetivo deste trabalho foi analisar a dinâmica da distribuição espaço-temporal de focos de calor em uma área com predominância de *P. esculentum*, no município de Capelinha, Minas Gerais. O processamento foi realizado com auxílio do *software* QGIS 2.18.16, a partir da base de dados vetorial do INPE, para o período de 2005 a 2017. Foi calculada a densidade por meio do estimador de Kernel, utilizando-se cinco níveis de classificação dos focos: (I) *muito baixa*, (II) *baixa*, (III) *média*, (IV) *alta* e (V) *muito alta*. Para o ano de 2005, observou-se focos dispersos, com concentrações à Nordeste e Sul do município. Em 2010, diagnosticou-se maior espacialização dos focos. Em 2015, os

raios de focos com densidades baixas e médias ocorreram ao longo da área central, à Oeste e à Leste. O maior foco, classe muito alta, incidiu sobre a RPPN Fazenda Fartura. No ano de 2017, o padrão seguiu o observado em 2015, entretanto, os raios de abrangência foram menores, especialmente à Nordeste e Sul, em áreas limítrofes municipais. Percebe-se a reincidência de focos de classes alta e muito alta sobre a unidade de conservação, validando a eficiência da ferramenta na detecção das áreas com ocorrências de incêndios.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade de Kernel. Monitoramento ambiental. Restauração florestal. Sistemas de Informações Geográficas.

ABSTRACT: The deforestation and transformation of extensive areas for agricultural use have contributed to the dissemination of the fern *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* (Kaulf.) J.A. Thomson, who colonizes these spaces, due to peculiar characteristics of the species, among them the resistance of their rhizomes to fire. The objective of this work was to analyze the dynamics of the space-time distribution of heat sources in an area with predominance of *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* (Kaulf.) J.A. Thomson, in the municipality of Capelinha, MG. The processing was performed by the software QGIS 2.18.16, from the vector database (shapefile) of the INPE database, for the period 2005 to 2017. The density was calculated through the kernel estimator, using five levels of outbreak classification: (I) very low, (II) low, (III) medium, (IV) high and (V) very high. In 2005, there were scattered foci, with concentrations in the Northeast and South of the municipality and in the South. In 2010, greater spatialisation of foci was diagnosed and in 2015, foci of low and medium density foci occurred along the central area, west and east. The highest focus, very high class, focused on the RPPN Fazenda Fartura. In the year 2017, the pattern followed the observed in 2015, however, the radius of coverage was smaller, especially to the Northeast and South, in municipal boundary areas. It can be noticed the recidivism of *high and very high* class foci on the conservation unit, validating the efficiency of the tool in the detection of areas with occurrences of fires.

KEYWORDS: Kernel Density. Environmental monitoring. Forest Restoration. Geographic Information Systems.

1 | INTRODUÇÃO

As queimadas tornaram-se prática comum no Brasil, uma vez que o uso do fogo consiste em uma atividade antrópica comum para diversos fins, dentre eles, para preparo de terreno visando atividades agrícolas. Modificações na paisagem, resultantes da ação do fogo, tem causado aumento na frequência de incêndios florestais, chegando a invadir até mesmo as unidades de conservação, e alterando a capacidade de recuperação dos elementos da biota (CAÚLA et al., 2015; PEREIRA & SILVA, 2016).

Incêndios florestais podem ser originados de forma natural, acidental,

criminosa ou, por condições climáticas favoráveis, como pouca chuva e períodos de seca. Ocasionalmente ocasionam um fogo descontrolado que se expande livremente pela floresta, consumindo os mais variados tipos de combustíveis (DIOGENES et al., 2018).

Em ambientes naturais, a ocorrência de incêndios pode provocar modificações na estrutura e padrão do processo produtivo, resultando em diminuição da viabilidade ecológica e econômica uma vez que há redução de interações no ecossistema, destruição da riqueza genética de populações e fragmentação dos habitats (RIBEIRO et al., 2012). Além disso, provocam danos à saúde humana e meios de subsistência, impactos no clima regional e global e são responsáveis por parte da poluição atmosférica e piora da qualidade do ar (CAÚLA et al., 2015). Durante os eventos extremos de seca, amplos e de longa duração, a fumaça aumenta o número de casos de doenças respiratórias, causando muitos dias de trabalho perdidos, além de perturbar o tráfego aéreo e outras infraestruturas (BARLOW et al., 2012).

Ainda que o fogo seja considerado como parte da ecologia do Cerrado, pesquisas evidenciam que os distúrbios provocados pelos incêndios florestais no ecossistema contribuem para que as espécies invasoras encontrem condições favoráveis para germinação e estabelecimento. Este é o caso de samambaias, como a espécie como *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* (Kaulf.) J.A. Thomson, que atrasa a sucessão secundária, pois invade áreas perturbadas com rapidez, monopoliza os recursos impedindo a regeneração das espécies nativas (CONNELL & SLATYER, 1997) e tem dominado diversas áreas brasileiras.

O sucesso da invasão pelas samambaias ocorre pelo fato de apresentarem adaptações morfológicas que garantem sua sobrevivência em ambientes de altas salinidades, estações de seca, ataque de fogo, como por exemplo, em regiões de Cerrado, dentre outras adversidades. Além disso, a camada densa de serapilheira formada sob as samambaias pode impedir a chegada de sementes na superfície do solo; mesmo quando sementes conseguem atingi-lo, rizomas de samambaias impedem a penetração das raízes de espécies nativas. Além disso, são competidoras eficientes devido: ao sistema vascular desenvolvido, que podem alcançar 3m de altura; à grande variação morfológica; e à reprodução sexuada por meio de seus esporos e vegetativa, pela expansão da rede de rizomas (MARRS & WATT, 2006; DEN OUDEN, 2000; GLIESSMAN, 1978).

Nesse contexto, o aumento da ocorrência de incêndios provoca alteração na vegetação, diminui a diversidade de espécies, altera os processos evolutivos do bioma provocando a degradação dos solos (MACHADO NETO et al., 2017).

Segundo Collins et al. (2013), políticas direcionadas à supressão de incêndios proporcionam benefícios imediatos e são eficazes a curto prazo quando comparadas à investimentos em prevenção. Neste sentido, estabelecer políticas de controle e prevenção de incêndios florestais, a partir do conhecimento de quando e porque ocorrem, é cada vez mais necessário e urgente. Segundo Irland (2013), levantar o histórico do fogo e compreender o caráter estatístico do tamanho e da área de

ocorrência dos incêndios florestais é extremamente importante para os programas de proteção florestal. Portanto, estatísticas consistem em importantes ferramentas no reconhecimento do perfil de incêndios. De posse de tais dados, planeja-se o controle de modo mais eficiente; sem eles, subestimam-se ou superestimam-se os gastos relacionados à proteção do ambiente, colocando em risco a sobrevivência das florestas (SANTOS et al., 2006).

É amplamente reconhecido que quanto maior o entendimento sobre o comportamento do fogo e sua resposta às condições ambientais, mais se poderá antecipar situações perigosas, ou impactos de grande magnitude, e mais acertadas serão decisões sobre gestão de combustíveis e dos incêndios (LINN et al., 2012). Para Pezzatti et al. (2013), todas as regiões, mesmo as mais próximas, têm seu próprio contexto específico de comportamento do fogo e, portanto, enfatizam a necessidade de estudos estatísticos de incêndios locais a fim de compreender melhor as ocorrências, o que leva à medidas mais eficientes na diminuição dos danos causados.

Estudos relacionados à incidência de focos de calor por meio do geoprocessamento servem como alternativa metodológica para o desenvolvimento de pesquisas visando o entendimento da estrutura, função e dinâmica dos elementos da paisagem, a fim de definir a espacialização de fenômenos como o risco aos incêndios. Além disso, podem auxiliar nas medidas necessárias para a defesa contra os impactos relacionados às queimadas descontroladas, como por exemplo, na implementação de planos de manejo, gestão de unidades de conservação, e também especificar local, momento e modo de realização dessas medidas (TORRES et al., 2017).

O monitoramento por meio de imagens de satélites é indispensável para locais sem meios intensivos de acompanhamento, condição essa encontrada em grande parte do Brasil, por exemplo. Assim, imagens podem ser utilizadas nas interpretações da evolução do uso/ocupação da cobertura vegetal, permitindo a identificação nos padrões de mudança, tanto quantitativa, quanto qualitativa ao longo do tempo (MORAIS, 2016). Nesse sentido, o Sistema de Informações Geográficas (SIG), em conjunto com técnicas de variáveis do geoprocessamento compreendem instrumentos bastante significativos para o monitoramento por meio de mapas manipulados neste sistema, interligados aos focos presentes na região de interesse.

Assim, o alongamento dos registros históricos e mapas de ocorrência de focos de calor são indispensáveis, uma vez que proporcionam uma melhor perspectiva sobre as mudanças reais no seu comportamento e servem para a compreensão melhor da relação entre o fogo e clima (VIJAYAKUMAR et al., 2015). Portanto, as informações sobre a acurácia dos algoritmos necessitam ser atualizadas constantemente, visto que no decorrer do tempo, o desempenho adquirido pelos sensores e as condições radiométricas sofrem alterações (MIRANDA et al., 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar a dinâmica da distribuição espaço-temporal de focos de calor em uma área com predominância de *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* (Kaulf.) J.A. Thomson, no município de Capelinha,

2 | METODOLOGIA

2.1 . Área de Estudo

A área de estudo corresponde ao município de Capelinha – MG e, mais especificamente, à Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fartura, localizada em sua porção sul:

Capelinha localiza-se na mesorregião do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, cuja área é de 965,37 km² (Figura 1). A sede municipal encontra-se a 718 m de altitude e distante 480 km de Belo Horizonte, capital do estado.

A RPPN Fartura possui uma área de 14,78 km² (1.478 hectares) situada entre os paralelos 15° 30' e 18° 30' S e os meridianos 39° 50' e 43° 50' W (Figura 1). Esta unidade de conservação é propriedade da Cemig Geração e Transmissão (Cemig GT) e criada como parte de exigências do Licenciamento Ambiental da Usina Hidrelétrica de Irapé. Representa uma unidade de conservação de alta relevância ecológica em nível regional para o nordeste de Minas Gerais (IEF, 2009; BIOPRESERVAÇÃO, 2009; DOEMG, 2010).

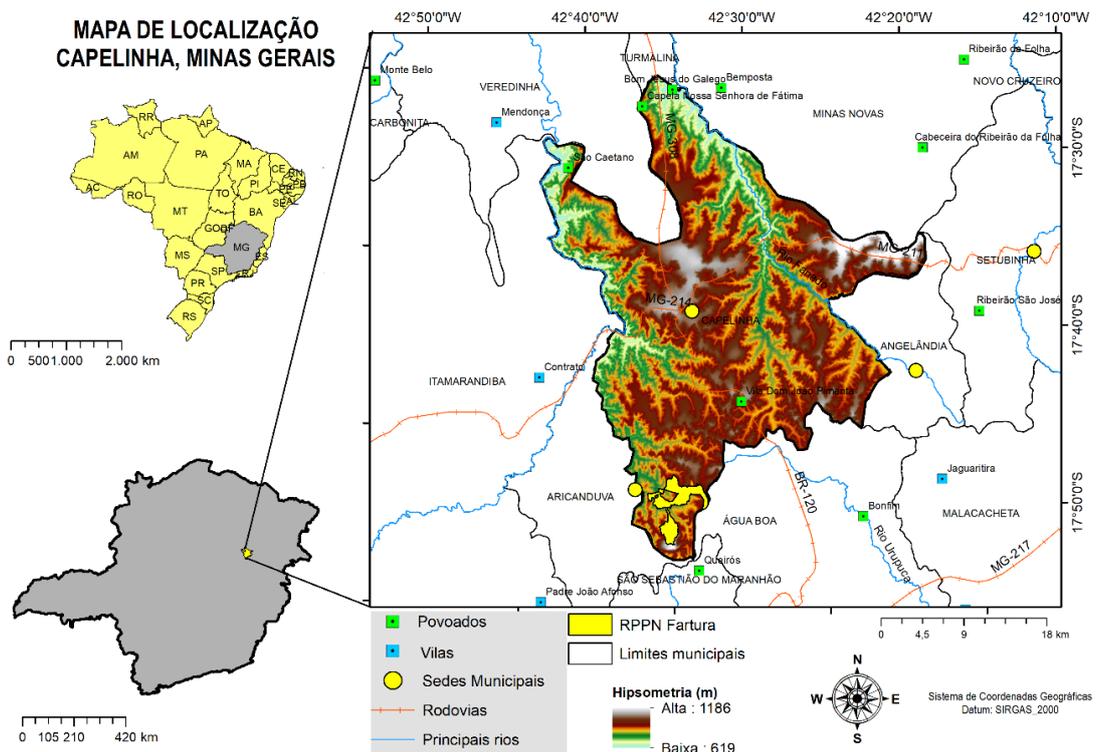


Figura 1. Área do município de Capelinha e Reserva Particular do Patrimônio Particular, Fazenda Fartura, com representação hipsométrica.

O município de Capelinha apresenta características climáticas, com médias pluviométricas variam entre 200 mm na estação seca e 900 mm na estação chuvosa (BIOPRESERVAÇÃO, 2009; FERREIRA, 2012). A região possui clima tropical, com período seco entre abril a setembro e úmido de outubro a março e temperatura média anual de aproximadamente 21,5 °C (BAARS et al., 1997). O clima é classificado como

temperado úmido com inverno seco e verão quente (Cwa), pela classificação de Köppen (MOUTINHO, 2013).

O relevo local possui formas variadas indo desde as partes mais baixas, como fundos de vale com pequenas declividades, até os mais íngremes que em certos pontos chegam a caracterizar relevos escarpados (Figura 1), apresentando altitudes entre 712 e 1.244 m (BIOPRESERVAÇÃO, 2009; CIAT, 2006). Além disso, em acordo com Aperam Bioenergia (2013) a paisagem da região é classificada como chapadões baixos e colinas com relevo ondulado suave a ondulado forte. Sendo os principais tipos de solos: Latossolo Vermelho- Amarelo; Argissolo Vermelho e Argissolo Vermelho- Amarelo.

Os biomas que ocorrem na região são o Cerrado e a Mata Atlântica (IBGE, 2010), sendo predominante na RPPN Fartura a fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual. A reserva está em contato com paisagens modificadas e fragmentadas pelas atividades antrópicas de queimada, pastoreio e monocultivos de café e eucalipto (MURTA, 2016). Há inúmeras áreas degradadas na RPPN sob invasão de samambaia *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* (Kaulf.) J.A. Thomson. Uma área específica, de cerca de três hectares (Figura 2), por exemplo, foi afetada por incêndio em 2011, propiciando a colonização e estabelecimento de samambaia vindo a formar uma cobertura densa e homogênea da espécie (CARVALHO, 2016).



Figura 2. Área da RPPN Fartura, Capelinha, MG, foco de incêndio em 2011, caracterizada atualmente por invasão de *Pteridium aquilinum*.

2.2 Aquisição e processamento dos dados

O levantamento das informações sobre os focos de calor referente ao município de Capelinha foi obtido a partir de imagens vetoriais disponibilizadas no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens utilizadas

com os registros diários dos anos de 2005, 2010, 2015 e 2017 são do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), satélite AQUA_M-T.

O processamento foi realizado pelo *software* QGIS 2.18.16, a partir da validação topológica das imagens, que posteriormente foram sobrepostas, ambas em formato vetorial (*shapefile*) compreendendo cada ano estudado. A partir disso, foi feita seleção da região de interesse, tendo por base os limites disponibilizados em formato vetorial, com escala 1:100.000, extraídas do banco de dados do Instituto Pristino (INSTITUTO PRISTINO, 2018).

Após a extração e geração das imagens preliminares, foi realizada a interpolação e categorização dos registros pontuais dos focos, calculando a densidade por meio do estimador de Kernel, segundo Equação 1:

$$\lambda_{\tau}(S) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} K\left(\frac{S-S_i}{\tau}\right) \quad (\text{Equação 1})$$

onde: **n**= contagem pontos amostrais (eventos); **τ** = raio que determina grau de suavização; **K**= função de estimação de Kernel; **S**= localização geral da superfície com o valor proporcional à intensidade dos eventos por unidade de área; **S_i** =localização inicial da superfície com o valor proporcional à intensidade dos eventos por unidade de área.

Nesse método de cálculo de densidade é realizada a interpolação de valores de intensidade centrados em cada célula, inseridas em grades, considerando a função simétrica (Figura 3), utilizando-se os pontos situados até certa distância do centro de cada célula (BARBOSA et al., 2014).

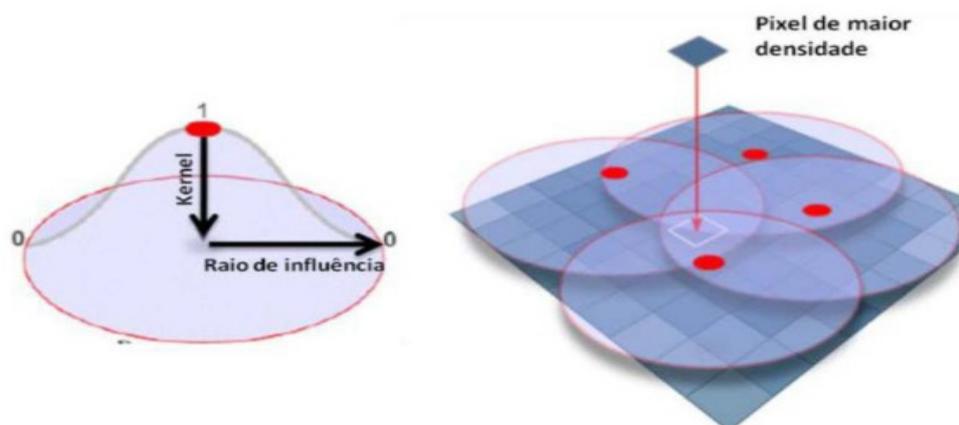


Figura 3. Representação ilustrativa por célula e de células inseridas em grade, que compreendem o procedimento de Densidade de Kernel.

Fonte: Vasconcelos (2016).

Diante da análise, as densidades dos focos de calor foram classificadas em cinco níveis: (I) *muito baixa* (100 -191 focos por km²), (II) *baixa* (192 - 254 focos por km²), (III)

média (255 - 382 focos por km²), (IV) *alta* (383 - 763 focos por km²) e (V) *muito alta* (764 - 1185 focos por km²), com raio de 2000 m e *pixel* de 100 m.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o ano de 2005 observou-se focos dispersos com concentrações das classes *alta* e *muito alta* à Nordeste e Sul do município. Os focos ao Sul compreendem **área da RPPN Fartura**, área caracterizada por severa invasão biológica da samambaia (Figura 2, 4A).

Em 2010 a espacialização dos focos é menor no município. Densidades *alta* e *muito alta* abrangem as regiões Centro e Oeste e nas proximidades da RPPN Fartura (Figura 4B).

Em 2015 raios de focos com densidades *baixas* e *médias* ocorreram ao longo da área no sentido Centro, Oeste e Leste. O maior foco incidiu a Sul do município, em área da RPPN Fartura, classificado na categoria *muito alta*, corroborando a hipótese de que a colonização e estabelecimento da samambaia ocorreu após um incêndio em 2011, que vêm sendo favorecido por esse fator (Figura 4C).

Para o ano de 2017 (Figura 4D), o padrão segue o observado em 2015, entretanto, os raios de abrangência são menores, a Nordeste e Sul em áreas limítrofes do município apresentando classes *média*, *alta* e *muito alta*.

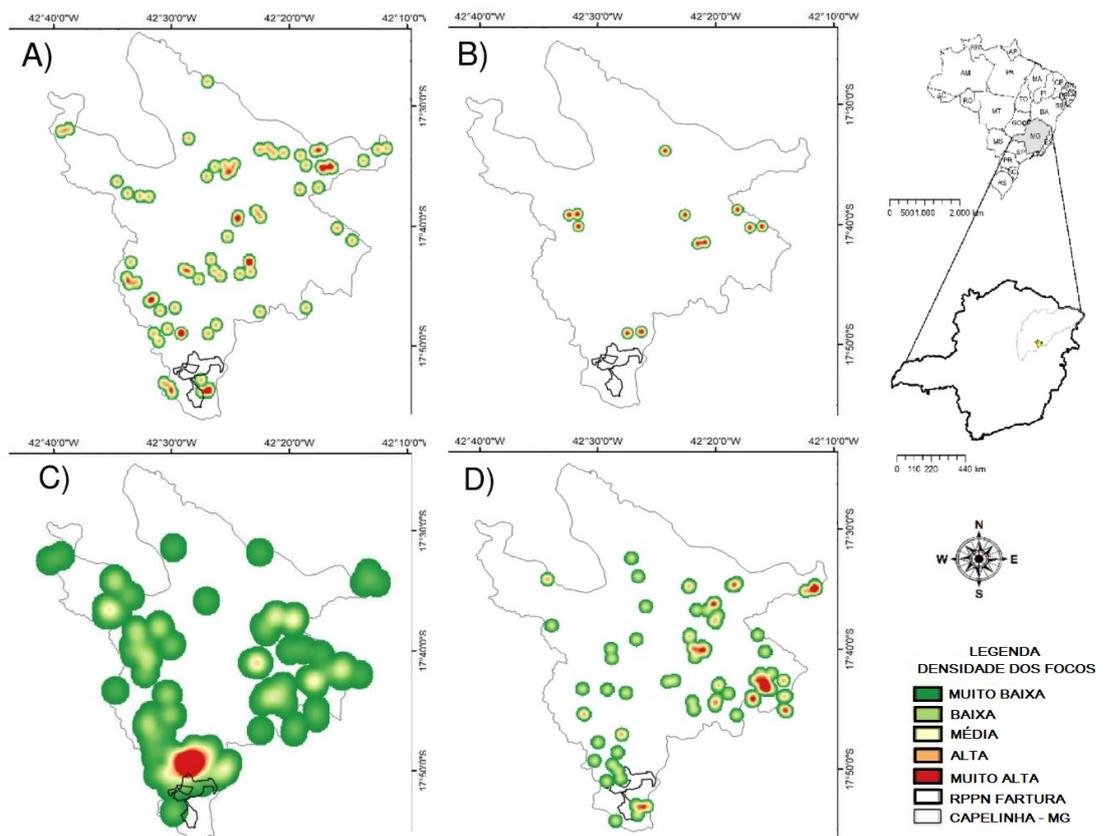


Figura 4. Análise espacial e temporal de focos de calor para o município de Capelinha, MG,

Perturbações geradas por fogo podem prover vantagens competitivas iniciais particularmente importantes por causar aumento na disponibilidade de nutrientes por um tempo curto. Uma vez estabelecida a dominância das invasoras, o estabelecimento de outras espécies competidoras no processo de sucessão natural pode ficar inibido em função da crescente limitação dos recursos (ZILLER, 2000).

O combustível, composto pela biomassa vegetal disponível para a queima, possui grande influência nos incêndios. Esse fator, conforme Rodrigues (2009), apresenta variações no tempo e no espaço, e a sua distribuição espacial vai influenciar na ignição e propagação do fogo. Embora os fatores mencionados contribuam para a ocorrência de um incêndio florestal, a fonte de ignição é na verdade, a que mais preocupa especialistas em combates a incêndios florestais, podendo essa fonte ser de origem natural ou humana.

Estudo como França et al. (2018) evidenciam o uso e ocupação do terreno da RPPN Fartura. Os autores afirmam que cerca de 47% da área da reserva ainda apresenta cobertura florestal nativa (Figura 5a). Dentre as áreas antropizadas, tem-se que 3% refere-se à áreas urbanizadas/edificadas; 6% de solo exposto; 18% Mosaico Vegetação Campreste/Agrícola (Figura 5b,c) e 26% de pastagem natural.

A antropização e atividades agrícolas pré-existentes e nas zonas limítrofes da RPPN têm aumentado a incidência de incêndios e queimas não controladas, conforme os dados obtidos no presente estudo.

Na maioria das regiões, os incêndios florestais são causados principalmente por seres humanos e são dependentes de atividade social. Na Itália, de acordo com Lovreglio et al. (2010), o uso indevido do fogo em atividades agrícolas (13,99%) foi a principal causa dos incêndios florestais negligentes. Para os incêndios florestais intencionais, a maioria foram iniciados por trabalhadores sazonais que buscam criar ou manter postos de trabalho (TORRES et al., 2016).

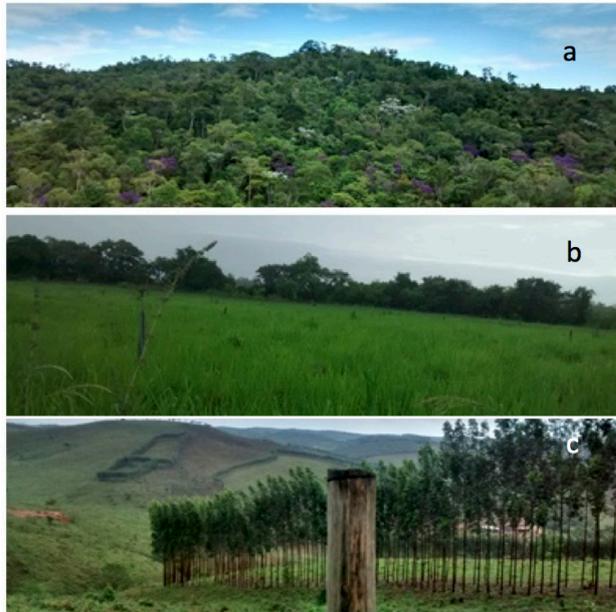


Figura 5. Representação do uso e ocupação de terreno na RPPN Fartura, Capelinha, Minas Gerais. a) Cobertura florestal nativa; b) Vegetação campestre; c) Plantio de eucalipto.

A incidência espacial observada em 2005, ocorre em raios que coadunem classes *baixas* e *médias*, chegando a intensidade muito alta. Isso demonstra que queimadas iniciais ocorreram (focos com densidades menos significantes) tendendo a falta de controle, intensificando o número focos por área, levando a densidades *altas* e *muitas altas* que contracenam discrepância.

As características dos incêndios são afetadas pelas complexas interações entre vegetação, clima, topografia e atividades antrópicas ao longo do tempo. Em escala regional, o clima, por determinar o teor de umidade do combustível e a quantidade de biomassa, é o principal controlador das características dominantes dos incêndios, bem como do tipo de vegetação encontrado. Além disso, uso do solo e topografia afetam a frequência, velocidade de propagação e tamanho das áreas queimadas (TORRES et al., 2016). Analisando a Figura 1, que corresponde ao modelo digital de elevação do terreno para o município de Capelinha, percebe-se o contraste das áreas com maiores e menores altitudes e o padrão de favorecimento dos registros dos focos de calor, sendo que quanto maior a declividade, maior a susceptibilidade às ocorrências.

A diminuição dos registros ao longo do ano de 2010, apesar de ser positivo para a região, merece atenção no que concerne aos pontos de focos, uma vez que apresentam-se reincidentes em terrenos afetados anteriormente. As pessoas interferem nos ciclos anuais do fogo em muitas partes do mundo, diminuindo ou aumentando as épocas e áreas mais propícias à ocorrência de fogo. A intervenção humana afeta, portanto, o início do evento, exercendo um controle importante da atividade do fogo além de suas limitações “naturais”, mascarando a influência do clima (BEDIA et al., 2015). Capelinha é marcada por suas atividades agropecuárias intensivas, sendo uma das práticas utilizadas para a limpeza do terreno, o uso do fogo.

Os raios maiores que são dispersos ao longo do território da cidade abarcam

classes *muito baixas*, *baixas* e *médias* (em menor área), chamando atenção um único raio de classes alta e muito alta na área da RPPN Fartura e suas zona de amortecimento. Análises de campo evidenciam que a partir de 2011 a colonização de *P. esculentum* que veio como consequência de uma série de incêndios florestais (Figura 6). A partir daí a espécie tem colonizado áreas cada vez maiores da reserva, comprometendo a vegetação nativa existente. Estima-se que 3 hectares foram degradados pela invasão biológica.



Figura 6. *Pteridium esculentum* e áreas com invasão dentro da RPPN Fartura, Capelinha, Minas Gerais.

A semelhança observada entre 2015 e 2017, considerando que para o último ano os raios abrangem áreas menores, comprova o controle das práticas no município, o que de fato mostra que apesar de condições ambientes favoráveis a ocorrência de incêndios, o homem é agente determinante na existência desse fator de degradação. Além disso, a implantação de projetos de restauração na RPPN Fartura, surgiram no intuito de atenuar e mitigar os problemas gerados pela invasão biológica (Figura 7).



Figura 7. Projetos de restauração ecológica realizados nas áreas com invasão de *Pteridium esculentum*, RPPN Fartura, Capelinha, Minas Gerais.

Soares & Santos (2002) e Santos et al. (2006), em estudos sobre o perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas entre 1994 e 2002, definiram o estado de Minas Gerais como o com o maior número de ocorrências, seguido por Espírito Santo, São Paulo e Bahia. O estado mineiro é atingido todos os anos pelas queimas não autorizadas, incêndios em áreas particulares, incêndios em margens de rodovias, queimas de lotes urbanos e outros. A grande área queimada e o alto número de focos de calor ocorridos nos últimos anos no Brasil têm exposto a fragilidade do país no controle de seus incêndios florestais (LIMA, 2000).

Diante da estimativa de densidade realizada pela função de Kernel foi possível indicar a distribuição e intensidade dos focos, constituindo uma interessante ferramenta para nortear a atividade de prevenção e fiscalização. No que se refere a invasão biológica, a comparação espacial e temporal e intensidade da distribuição dos focos, permitiu validar as informações em campo. Entende-se que mais estudos podem ser conduzidos e validados com o uso dessas técnicas de geoprocessamento, sendo de grande aplicabilidade para a conservação dos recursos naturais, bem como a utilização desses conhecimentos para o monitoramento, elaboração de mapas de risco e definição de estratégias para a prevenção e amenização de impactos ambientais.

4 | CONCLUSÃO

Ao longo dos anos analisados, percebe-se a reincidência de focos de classes *alta* e *muito alta* sobre o município de Capelinha e em especial, sobre a área da unidade de conservação RPPN Fartura, validando a eficiência da ferramenta na detecção das áreas com ocorrências de incêndios. Tais ocorrências proporcionaram distúrbios biológicos a RPPN Fartura representado por perda de cobertura de vegetação nativa

e pela invasão biológica de samambaias. A estimativa de densidade de Kernel é aplicável no mapeamento da incidência de focos de calor validada a ocorrência de incêndios florestais.

REFERÊNCIAS

APERAM BIOENERGIA. **Plano de manejo florestal**. v. 07, p. 2 – 61, 2013.

BAARS, F. J.; GROSSI-SAD, J. H.; FONSECA, E. **Geologia da Folha Capelinha**. Em: GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SOARES-FILHO, B. S. (coordenadores e editores). Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. p. 1373-1503, 1997.

BARBOSA, N. F. M.; STOSIC, B. F.; STOSIC, T.; LOPES, P. M.; MOURA, G. B. de A.; MELO, J. S. P. Kernel smoothing dos dados de chuva no Nordeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.18, n.7, p.742–747, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n7/v18n07a11.pdf>>. Acesso em abr. 2018.

BARLOW, J.; PARRY, L.; GARDNER, T. A.; FERREIRA, J.; ARAGÃO, L. E. O. C.; CARMENTA, R.; BERENQUER, E.; VIEIRA, I. C. G.; SOUZA, C.; COCHRANE, M. A. The critical importance of considering fire in REDD+ programs. **Revista Biological Conservation**, v. 154, n. 2012, p. 1-8, 2012.

BEDIA, J.; HERRERA, S.; GUTIÉRREZ, J.M.; BENALI, A.; BRANDS, S.; MOTA, B. Global patterns in the sensitivity of burned area to fire-weather: implications for climate change. **Revista Agricultural and Forest Meteorology**, 2015. DOI: [http:// dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.09.002](http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.09.002).

BIOPRESERVAÇÃO, Consultoria e Empreendimentos Ltda. **Plano de Manejo**. Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Fartura. Belo Horizonte, MG. 2009.

CARVALHO, T. F. **Estratégias para a restauração de áreas com invasão de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn no domínio da Mata Atlântica, na RPPN Fartura em Capelinha-MG**. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Diamantina – MG, 127 p. 2016.

CAÚLA, R. H.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; LYRA, G. B.; DELGADO, R. C.; HEILBRON FILHO, P. F. L. Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. **Revista Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 2, p. 1497-1508, 2015.

CIAT. **Plano Territorial de desenvolvimento rural sustentável do Alto Jequitinhonha**. 2006. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio057.pdf>. Acesso em fev. de 2018.

COLLINS, R. D.; NEUFVILLE, R.; CLARO, J.; OLIVEIRA, T.; PACHECO, A. P. Forest fire management to avoid unintended consequences: a case study of Portugal using system dynamics. **Revista Journal of Environmental Management**, v. 130, n. 2013, p. 1-9, 2013.

CONNELL, J. H.; SLATYER, R. O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **Revista American Naturalist**, Chicago, v. 111, n. 982, p. 1119-1144, 1977.

DEN OUDEN, J. The role of bracken (*Pteridium aquilinum*) in forest dynamics. **Revista Thesis**, Wageningen University, The Netherlands, 2000.

DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS - DOEMG. **Executivo**. Pg. 78. 2010.

DIÓGENES, F. E. G.; GUIMARÃES, P. P.; BOTREL, R. T. Ocorrência de incêndios florestais em Caicó

- e Natal – RN. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.14, n. 1, p. 80-84, 2018.
- FERREIRA, O. V.; SILVA, M. M. O clima da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: subsídios para a gestão de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, n. 2, 2012.
- FRANÇA, L. C. de J.; MUCIDA, D. P.; MORAIS, M. S. de. Sistema de Informações Geográficas (SIG) na análise de uso do terreno, cobertura vegetal e ordenamento territorial no município de Capelinha, MG. In: PEREIRA, I. M. et al. **Diretrizes para adequação ambiental de propriedades rurais: Um estudo de caso na RPPN Fazenda Fartura e entorno**. Diamantina: UFVJM, 2018. p. 149-213.
- GLIESSMAM, S. R. The establishment of bracken following fire in tropical habitats. **Revista American Fern Journal**, Arkansas, v.68, n. 2, p.41-44, 1978.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em fev. de 2018.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF. **Deliberação nº 1.434, de 1º de setembro de 2009**. Institui como Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN a área denominada “Fartura”, no município de Capelinha/MG. Belo Horizonte, Minas Gerais. 2009.
- INSTITUTO PRISTINO. **Atlas Digital Geoambiental**. Disponível em: <<https://www.institutopristino.org.br/atlas/>>. Acesso em abr. 2018.
- IRLAND, L. C. Extreme value analysis of forest fires from New York to Nova Scotia, 1950-2010. **Revista Forest Ecology and Management**, v. 294, n. 13, p. 150-157, 2013.
- LIMA, G. S. A prevenção de incêndios florestais no estado de Minas Gerais. **Revista Floresta**, v. 30, n.1. 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v30i12.2364>.
- LINN, R. R.; CANFIELD, J. M.; CUNNINGHAM, P.; EDMINSTER, C.; DUPUY, J. L.; PIMONT, F. Using periodic line fires to gain a new perspective on multi-dimensional aspects of forward fire spread. **Revista Agricultural and Forest Meteorology**, v. 157, n. 2012, p. 60-76, 2012.
- LOVREGLIO, R.; LEONE, V.; GIANQUINTO, P.; NOTARNICOLA, A. Wildfire cause analysis: four case studies in southern Italy. *iForest*, v. 3, n. 2010, p. 8-15, 2010.
- MACHADO NETO, A. P.; BATISTA, A. C.; BIONDI, D.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. P. B. Incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães-MT entre 2005 e 2014. **Revista Nativa**, Sinop, v. 5, n. 5, p. 355-361, 2017.
- MARRS R. H; WATT, A. S. Biological flora of the British Isles: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. **Revista Journal of Ecology**, Oxford, v.94, n. 6, p.1272-1321, 2006.
- MIRANDA, J. R.; SILVA, R. G.; SALES, G. B. FILGUEIRAS, R.; NASCIMENTO, C.R. Caracterização e monitoramento de focos de queimadas na região norte de Minas Gerais a partir de imagens de satélites. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, Paraná. **Anais...** Paraná: INPE, 2013. p. 3-4.
- MORAIS, M. S. Análise temporal do uso e ocupação do terreno do Parque Estadual do Biribiri e de sua Zona de Amortecimento, município de Diamantina, Minas Gerais. **Revista Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 46, p. 362-38, 2016.
- MOUTINHO, V. H. P. **Influência da variabilidade dimensional e da densidade da madeira de Eucalyptus sp. e Corymbia sp. na qualidade do carvão**. Tese. Universidade Federal de São Paulo – USP, 2013.
- MURTA, M. A. C. **Comparação do estrato regenerante entre bordas e interior de uma floresta estacional semidecidual em Capelinha – MG**. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri,

Diamantina, Diamantina – MG, 55 p. 2016.

PEREIRA, J. A. V.; SILVA, J. B. Detecção de Focos de Calor no Estado da Paraíba: um estudo sobre as queimadas. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p. 5-16, 2016.

PEZZATTI, G. B.; ZUMBRUNNEN, T.; BÜRGI, M.; AMBROSETTI, P.; CONEDERA, M. Fire regime shifts as a consequence of fire policy and socio-economic development: an analysis based on the change point approach. **Revista Forest Policy and Economics**, v. 29, n. 2013, p. 7-18, 2013.

RIBEIRO, M. N.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; PEIXOTO, K. DA S. Fogo e dinâmica da comunidade lenhosa em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, Mato Grosso. **Revista Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 26, n. 1, p. 203-217, 2012.

RODRIGUES, M. M. T. **Integração das Variáveis de Natureza Social na Avaliação do Risco de Incêndio Florestal na Região de Trás-os-Montes e Alto Douro**. Dissertação de Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza, Universidade dos Açores, Portugal, 93p. 2009.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Revista Floresta**, v. 36, n. 1, p. 93-100, 2006.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Revista Floresta**, v. 32, n. 2, p. 219-232, 2002.

TORRES, F. T. P.; LIMA, G. S.; COSTA, A. das G.; FÉLIZ, G. de A.; SILVA JÚNIOR, M. R. da. Perfil dos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras no período de 2008 a 2012. **Revista Floresta**, v. 46, n. 4, p. 531 - 542, 2016.

TORRES, F. T. P.; ROQUE, M. P. B.; LIMA, G. S.; MARTINS, S. V.; FARIA, A. L. L. de. Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 1, n.24, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.025615>.

VASCONCELOS, V. V. **Análise de eventos pontuais**. 2016. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/vitor_vasconcelos/anlise-espacial-de-eventos-pontuais>. Acesso em maio de 2018.

VIJAYAKUMAR, D. B.I. P.; RAULIER, F.; BERNIER, P.Y.; GAUTHIER, S.; BERGERON, Y.; POTHIER, D. Lengthening the historical records of fire history over large areas of boreal forest in eastern Canada using empirical relationships. **Revista Forest Ecology and Management**, p. 30-39, 2015.

ZILLER, S. R. Plantas exóticas: a ameaça da contaminação biológica. **Revista Ciência Hoje**, v.30, n.178, p.77-79, 2001.

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE COZIMENTO CONTÍNUO EM LABORATÓRIO PARA MADEIRAS DE *EUCALYPTUS SPP.*

Fabiano Rodrigues Pereira

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista - Bahia

Thaís Chaves Almeida

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista - Bahia

Elienildo Martins Alves

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista – Bahia

Rodrigo Ribeiro de Almeida

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

Gilmar Correia Silva

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista – Bahia

RESUMO: O objetivo deste estudo foi determinar as melhores condições de cozimento de quatro amostras de cavacos de eucalipto para atingir Número Kappa 16 ± 5 . Os cozimentos foram realizados no “Sistema de Simulação de Digestor Contínuo” do Laboratório de Celulose e Papel (LCP) da Universidade Federal de Viçosa. As condições adotadas foram determinadas pelo LCP e pela Companhia Suzano Papel e Celulose. Para cada amostra foi determinada a carga de álcali ideal para o Kappa desejado. Testes como densidade aparente dos cavacos (SCAN-

CN 46:92), alcalinidade do licor de cozimento (SCAN 2:88 e SCAN-N 33:94), Número Kappa (TAPPI T236 cm-85) e viscosidade (TAPPI T230 cm-94) foram realizados para controle de qualidade da polpa marrom. Logo, atingiu-se o Número Kappa desejado pelos cozimentos das madeiras, com curta variação da demanda de álcali. As amostras apresentaram maior densidade aparente que a Referência, significando maior carga por digestor, maior produção com elevado consumo de reagentes químicos, baixo rendimento de polpa celulósica e alto teor de sólidos no licor negro industrial, gerando bastante energia ao processo. Diante dos resultados, conclui-se que a madeira CS3, mesmo sendo a que mais se aproximou da Referência e gerou menos rendimento no digestor, apresentou melhor rendimento em polpa, por possibilitar uma melhor impregnação dos cavacos. Conclui-se, também, que mesmo alcançando níveis similares de deslignificação, ao final do cozimento obtiveram-se condições bem diferentes de polpação.

PALAVRAS-CHAVE: Processo Kraft; Número Kappa; Eucalipto.

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the best baking conditions of four samples of particleboards of eucalypt to reach

Kappa Number 16 ± 5 . The bakings had been carried through in the “System of Simulation of Continuous Digester” of the Laboratory of Cellulose and Paper (LCP) of the Federal University of Viçosa. The adopted conditions had been determined by the LCP and the Suzano Company Paper and Cellulose. For each sample the ideal alkali load was determined for the desired Kappa. Tests as apparent density of the particleboards (SCAN-CN 46:92), alkalinity of the baking liquor (SCAN 2:88 and SCAN-N 33:94), Kappa Number (TAPPI T236 cm-85) and viscosity (TAPPI T230 cm-94) had been carried through for quality control of the brown pulp. Soon, the Kappa Number was reached desired for bakings of wood, with short variation of the alkali demand. The samples had presented greater apparent density than the Reference, meaning bigger load for digester, greater production with raised consumption of chemical reagents, low pulp income and high solid text in the industrial black liquor, generating sufficiently energy to the process. Ahead of the results, it is concluded that wood CS3, exactly being the one that more if approached to the Reference and generated little income in the digester, presented income in pulp better, for making possible one better impregnation of the particleboards. One concludes, also, that exactly reaching similar levels of delignification, to the end of the baking had gotten well different conditions of pulping.

KEYWORDS: Kraft process; Kappa number; Eucalypt.

1 | INTRODUÇÃO

O Setor de Celulose e Papel do Brasil tem superado suas perspectivas de produtividade. A produção brasileira de celulose alcançou as 19,5 (+ 3,7%) milhões de toneladas e a de papel superou a marca de 10,4 (+ 1%) milhões de toneladas em 2017 (IBÁ, 2018).

Apesar da crise financeira internacional em 2008, os produtos desse setor mostraram-se competitivos em relação aos seus concorrentes globais. O Brasil é o maior produtor mundial de polpa celulósica branqueada de eucalipto e é referência por suas práticas de sustentabilidade e manejo florestal, pelo fato de que 100% da produção brasileira do setor provêm de florestas plantadas que são recursos renováveis.

O mercado nacional tem crescido com o avanço da globalização da economia, aumentando a demanda por papel. E para manter a competitividade, as indústrias de celulose buscam alternativas para obtenção de maiores eficiências em seus processos e ganhos adicionais em produção dentro de suas disponibilidades operacionais. Segundo Gomide et al (2004), a seleção de clones para plantio é fundamental para a competitividade; possibilitando o aumento da produtividade florestal, gerando resultado em ganho de rendimento e na qualidade do produto acabado.

A polpação é um processo utilizado para transformar a madeira em massa de fibras individualizadas. Consiste na ruptura das ligações entre as fibras no interior da estrutura da madeira. Essa separação das fibras é causada pela ação química,

mecânica ou a combinação dos dois métodos, onde a escolha do método depende do tipo de produto que se deseja obter.

Mais de 95% da produção nacional de celulose é proveniente de processo químico (Kraft, Soda e Sulfito). Destacando-se o Kraft ou também conhecido como Sulfato, o qual utiliza o Hidróxido de Sódio e o Sulfeto de Sódio como agente ativo de cozimento. Uma das características principais da polpação é o número Kappa, que segundo Carvalho (2005), é a quantidade de lignina que não foi extraída da polpa celulósica.

Assim, estudos feitos por Gomide et al (2005), comprovaram a utilização da alta qualidade tecnológica de clones de Eucalyptus utilizados em nosso país pelas principais empresas produtoras de celulose kraft branqueada, considerando válida a utilização do rendimento de polpação como parâmetro global de qualidade.

O objetivo desse trabalho foi determinar as melhores condições para cozimento de 4 amostras de cavacos de eucalipto para atingir Número Kappa 16 ± 5 . E com isso, obter um maior aproveitamento de polpa e oferecer alternativas positivas ao processo de produção de celulose.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Celulose e Papel da Universidade Federal de Viçosa - MG.

A Companhia Suzano Papel e Celulose forneceu os cavacos pré-selecionados de madeira de eucalipto para cozimento. As condições de cozimento foram pré-determinadas utilizando como parâmetros referências da Suzano Papel e Celulose; os cozimentos foram realizados em digestores do tipo contínuo aplicando-se quatro madeiras selecionadas de eucalipto (clones) na forma de cavacos já classificados e após secagem ao ar.

Os parâmetros de controle do cozimento e da qualidade da madeira foram a densidade aparente dos cavacos determinada em triplicata conforme especificado na norma SCAN-CN 46:92. Para efeito desta Norma, define-se como densidade aparente a utilização da massa e o volume aparente, nas umidades fixas de 0% a 12%.

O volume aparente é determinado por meio de um tubo de plástico acrílico transparente ou tubo de PVC de extremidades abertas com diâmetro interno de 290 mm e um comprimento de 1500 mm; o tubo é serrado ao meio, fazendo uma fenda, a uma altura de 1000 mm por uma lâmina ou chapa inoxidável, ao qual sustentará os cavacos até que os deixem cair para a parte inferior do tubo sob influência da gravidade ao retirar rapidamente a lâmina.

Pega-se uma roda perfurada ou tampa de madeira de aproximadamente 8 kg, mantendo-a nivelada com a parte superior do tubo, deixe-a cair dentro do tubo prensando os cavacos. A altura de coluna de cavaco formada é medida por dois

dispositivos de medição colocados em lados opostos do tubo, facilitando as medições feitas da parte inferior, ou seja, da base do tubo até a superfície inferior da tampa, o que depois é tirado uma média e multiplicada pela área de seção transversal interna do tubo. Logo remover o tubo e pesar os cavacos em saco de polietileno ou bandeja coletora pré-pesado.

As análises de Números Kappa foram realizadas de acordo com normas da Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI T236.

Foram realizados cozimentos laboratoriais, simulando-se diferentes regiões de um digestor contínuo. As cargas de álcali foram estabelecidas para cada madeira após realização de cozimentos exploratórios. Os tempos e temperaturas das diferentes zonas do digestor foram mantidos constantes para todos os cozimentos e a carga de álcali foi modificada para obter o Kappa objetivo de 16 ± 5 para todas as madeiras.

Para cada tipo de madeira foram realizados dois cozimentos exploratórios para estabelecer a carga de álcali necessária para obter o Kappa objetivo. Uma quantidade de 800 g de cavacos, absolutamente secos foi saturada com água utilizando-se uma autoclave acoplada a uma bomba de vácuo e aplicando-se vácuo por 3 horas. Após a saturação, os cavacos foram transferidos para o digestor, modelo MK409, com capacidade de 7 litros, aquecido eletricamente por controles eletrônicos ligados ao computador e contendo equipamentos periféricos como manômetro, trocador de calor e bomba de circulação.

Após a vaporização, foi estabelecido o teor de umidade dos cavacos para cálculo da relação licor/madeira do cozimento. Os licores foram armazenados em vasos acumuladores com aquecimento elétrico e quando transferidos para o digestor, logo em seguida, a bomba de circulação foi acionada, iniciando o programa de cozimento no computador. Completado o cozimento, a polpa marrom foi lavada exaustivamente em água corrente, depurada em depurador laboratorial, centrifugadas, desagregadas e armazenada em saco plástico de polietileno para posteriores análises. Não houve rejeitos referentes a nenhum dos cozimentos (NBR 7537, 1997; ASTM D 4243, 1999; TAPPI T230).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade aparente fornece informações relevantes sobre as características da madeira, por relacionar-se com várias propriedades desta. O que a torna um “parâmetro” muito utilizado para qualificar a madeira para a indústria de celulose e papel, assim como para outros seguimentos da atividade industrial. Ela apresenta variações entre gêneros, espécies do mesmo gênero, diferentes árvores de uma mesma espécie e, até mesmo entre diferentes partes da mesma árvore.

Verificou-se que a madeira AS1 possui maior densidade aparente dentre todas analisadas, e que os cavacos apresentaram em média uma densidade aparente igual a $203,5 \text{ kg.m}^{-3}$ (Gráfico 1).

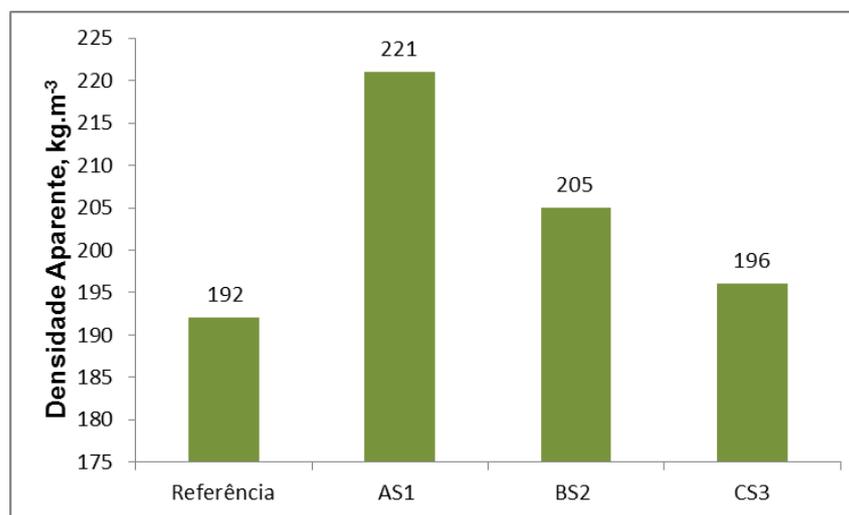


GRÁFICO 1 - Densidade aparente das diferentes amostras de cavacos.

Madeiras de maior densidade, segundo Assumpção et al (1988), são as preferidas para a polpação, pois proporcionam uma maior carga por um determinado volume de digestor. Mas é de se esperar que esta mesma madeira demande uma maior quantidade de álcali por carga de digestor para compensar o aumento da massa empregada, requerendo assim uma polpação mais drástica para um mesmo nível de deslignificação.

Segundo Gomide, et al (2005), a utilização de madeiras mais leves, de baixa densidade, resulta em consumo específico de madeira mais elevado, constituindo desvantagem no que diz respeito àquelas empresas que possuem alguma limitação no fornecimento de matéria prima.

A cada cozimento realizado para obtenção de Kappa 16 ± 5 , retirou-se uma média para melhor comparação. O Número Kappa, que é indicador da quantidade de lignina residual na polpa celulósica, é um importante parâmetro no processo de polpação. Como o objetivo da polpação é a retirada da lignina da madeira para a individualização das fibras, logo, quanto menor o número Kappa, maior é a qualidade da polpa produzida.

O nível de deslignificação objetivado, Número Kappa 16 ± 5 , foi atingido por todos os cozimentos das diferentes madeiras, com uma pequena variação de 0,2%. A demanda de carga de álcali para a produção de celulose com Kappa 16 ± 5 apresentou curta variação, entre 18 a 20%. Mas quando se pensa no tamanho do digestor industrial, esses 2% se tornam bem significativos. No Gráfico 2, verificou-se que a madeira Referência é a que proporciona maior rendimento no cozimento e a madeira AS1, de menor rendimento. Portanto, todas as madeiras analisadas consomem mais álcali que a madeira Referência.

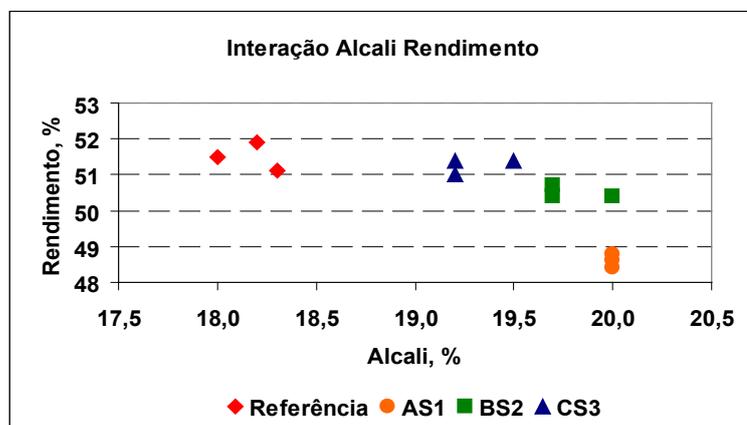


GRÁFICO 2 - Determinação do rendimento em relação a carga de álcali.

Observou-se ainda que quanto maior o teor de álcali aplicado, menor foi o rendimento em polpa obtido, isso se aplica porque quanto maior o teor de álcali, mais a celulose é degradada e, portanto, fibras são dissolvidas no licor.

Percebeu-se ainda que as madeiras mais leves proporcionaram rendimentos mais elevados com menor consumo de álcali, subentende-se que, o uso de madeiras de altas densidades requer cargas de álcali mais elevadas para possibilitar maior influência de difusão dos íons e obtenção do Kappa objetivo (GOMIDE, 2005).

E ainda no que diz respeito ao rendimento, para os cozimentos obteve-se uma média de 50,5%, o que de acordo com Foelkel (2009), o cozimento kraft conduz a rendimentos entre 48 a 57% dependendo do tipo de madeira, do Número Kappa desejado e otimizações nas variáveis do processo. Com isso, os resultados obtidos mostram um significativo rendimento de polpação, mesmo as exigências industriais atuais considerando-o baixo.

Em relação a qualidade da madeira, o clone utilizado está dentro da media estabelecida, onde é pré-estabelecido um rendimento de 50% como limite inferior.

Verificou-se que a massa AS1 gerou maior teor de sólidos no licor negro, com 24,6%, o que pode promover maior potencial energético para o processo apesar de menor quantidade de polpa, uma vez que apresentou os menores rendimentos.

4 | CONCLUSÕES

As madeiras analisadas apresentam maior densidade aparente que a madeira Referência, o que significa maior carga por digestor tendo assim, uma quantidade maior de produção com elevado consumo de reagentes químicos, provocando um baixo rendimento de polpa celulósica e alto teor de sólidos no licor negro industrial, o que vai gerar bastante energia ao processo.

Mesmo alcançando níveis similares de deslignificação, neste caso Número Kappa 16 ± 5 , pôde-se ao final do cozimento obter condições bem diferentes de polpação, o que merece estudos mais profundos e completos.

Ao fazer um estudo comparativo das quatro amostras de diferentes tipos de

madeira de eucalipto, a que mais se aproximou da madeira Referência foi a madeira CS3, que apesar de gerar menos rendimento no digestor, apresentou um melhor rendimento em polpa, por possibilitar uma melhor impregnação dos cavacos.

Todas as madeiras analisadas consomem mais álcali que a Referência, portanto espera-se das mesmas um menor rendimento em polpa e maior energia ao processo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, et al. **Reorganização socioeconômica no Extremo Sul da Bahia decorrente da introdução da cultura do Eucalipto**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 2008.

ARAUJO, R. H. **Celulose Kraft produzida a partir das madeiras de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e eucalipto (*Eucalyptus saligna*) misturadas em diferentes proporções**. 84f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – ABTCP. ASSUMPTÃO, R. M. V. et al. Polpação Química. In: D'ALMEIDA, M. L.O. (Coord.) **Celulose e Papel: Tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2. Ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1988.p.169-319.

BRACELPA. **Relatório Estatístico Anual 2008/2009**. Associação Brasileira de Celulose e Papel. Disponível em: <[HTTP://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/rel2008.pdf](http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/rel2008.pdf)>. Acesso em: 12 ago. 2018.

CARVALHO, A. M. M. L. **Tecnologia de Celulose e Papel**. In: Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri (Org.) Departamento de Engenharia Florestal, Araçuaí – MG, 2005.

FERREIRA, C. R. da S. **Otimização do perfil de temperatura na polpação RDH de *Eucalyptus sp.*** 80f. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000. Disponível em: <<ftp://ftp.bbt.ufv.br/teses/157370f.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

FOELKEL, C. **Individualização das fibras da madeira do eucalipto para produção de celulose Kraft**. São Paulo, 2009. Disponível em: http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT16_IndividualizacaoFibras.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2018.

FOELKER, C. E. B. et al. **Qualidade da Celulose Kraft - Antraquinona de *Eucalyptus dunni* plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. Ciência Florestal, Santa Maria, v.7, n.1, p. 41-63, 1997.

GOMIDE, J. L. et al. **Caracterização Tecnológica, para produção de celulose, da Nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil**. Revista Árvore, Viçosa – MG, v.29, n.1, p. 129-137, 2005.

GOMIDE, J. L. **Polpa de Celulose: química dos processos alcalinos de polpação**. Viçosa, Univ. Federal, 1979. 50p.

GOMIDE, J. L.; FANTUZZI NETO, H.; LEITE, H. G. **Estratégia de análise da qualidade de madeira de *Eucalyptus sp* para produção de celulose**. Revista Árvore, Viçosa – MG, v.28, n.3, p. 443-450, 2004.

IBÁ, 2018. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Cenarios/50_Cenarios.pdf>. Acesso em: 20 de ago de 2018.

LIMA, A. F. et al. **Madeira como matéria-prima para fabricação de pasta celulósica**. In: **D'ALMEIDA, M. L. O. (Coord.) Celulose e Papel: Tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2. Ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1988.p.129-168.

MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil e o regate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/martini, aj.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MIMMS, A. et al. **Kraft pulping: A Compilation of Notes**. Technology Park/Atlanta, GA, 1990. 181p.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SP, 2000. Normas. São Paulo, ABTCP, s.d.

OLIVEIRA, K. L. **O avanço do eucalipto no território do extremo Sul da Bahia: recentes transformações na estrutura fundiária e o papel do crédito rural**. 2008. 153f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Ciências Econômicas, Salvador, 2008. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=137338> Acesso em: 24 mar. 2018.

PAPEL, **UMA GRANDE APOSTA DO SETOR. O PAPEL**, São Paulo, ano LXVIX, n.10, Out. 2008.

POLOWSKI, N.V. **Modelagem e otimização de digestores Kraft descontínuos utilizando redes neurais e modelo híbrido – integração de processos em tempo real**. 233f. Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, 2009. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/results.php?words=polowski>>. Acesso em: 07 mai. 2018.

RIBEIRO, R. N. **Utilização de redes neurais artificiais e tecnologia FT-NIR para predição do Número Kappa em um processo Kraft de cozimento de madeira em indústria de celulose**. 143f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia) – Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, 2007. Disponível em: <http://www.unilestemg.br/portal/mestrado/dissertacoes/dissertacao_ronaldo.pdf>. Acesso em 16 jun.2018.

SOARES, N. et al. **Análise do mercado brasileiro de celulose, 1969-2005**. Revista *Árvore*, Viçosa – MG, v.33, n.3, p.563-573 maio/junho. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?=sci_arttext&pid=10067622009000300018&nrm=iso>. Acesso em: 25 jul. 2018.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Taxonomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2000.

SERAPILHEIRA EM POVOAMENTO DE EUCALIPTOS: FONTE OU DRENO DE CARBONO?

Dione Richer Momoli

Doutorando pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – Rio Grande do Sul.

Mauro Valdir Schumacher

Professor Tit. Dr. nat. techn. do Departamento de Ciências Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – Rio Grande do Sul.

Elias Frank Araújo

Engenheiro Florestal pela empresa CMPC – Celulose Riograndense.

RESUMO: A queima de combustíveis fósseis e o desmatamento nas últimas décadas causaram o significativo aumento de CO₂ na atmosfera. As florestas e as plantações comerciais são importantes drenos do carbono atmosférico, estocando o elemento na sua biomassa e no solo. Diante desse aspecto, o presente capítulo tem como objetivo estimar o estoque de serapilheira acumulada e carbono em um povoamento de *Eucalyptus saligna*. Para o estudo, demarcaram-se 3 parcelas de 240 m². Em cada uma delas coletaram-se 10 amostras com auxílio de uma moldura com dimensões de 25 cm x 25 cm. Em laboratório as amostras foram separadas nas frações casca, folha, galho e miscelânea. Em seguida foram secas em estufa e pesadas. A estimativa do carbono deu-se por meio de índices de teores encontrados

na literatura. A fração galhos foi a classe mais representativa (48 %), seguido pelas folhas (25 %), miscelânea (18 %) e casca (9 %). O total de serapilheira acumulada e carbono foram de 13,1 e 5,3 Mg ha⁻¹ respectivamente. Extensas áreas plantadas com o gênero *Eucalyptus* sp., apresentam um grande potencial de sequestro de carbono atmosférico por meio do acúmulo de serapilheira e posterior incorporação parcial do mesmo no solo.

PALAVRAS-CHAVE: *Eucalyptus saligna*; sustentabilidade; silvicultura; meio ambiente

ABSTRACT: The burning of fossil fuels and deforestation in recent decades have caused a significant increase in CO₂ in the atmosphere. Forests and commercial plantations are important drains of atmospheric carbon, storing the element in its biomass and soil. Considering this aspect, the present chapter aims to estimate the accumulated litter and carbon stock in a *Eucalyptus saligna* stand. For the study, 3 parcels of 240 m² were demarcated. In each plot, 10 samples were collected using a frame with dimensions of 25 cm x 25 cm. In the laboratory the samples were separated into the bark, leaf, twig and miscellaneous fractions. Then they were oven dried and weighed. The estimation of the carbon occurred through indexes of contents found in the literature. The twigs fraction was the most representative class (48%), followed

by leaves (25%), miscellaneous (18%) and bark (9%). Extensive areas planted with the genus *Eucalyptus* sp., represents a great potential of atmospheric carbon sequestration through the accumulation of litter and partial incorporation of the same in the soil.

KEYWORDS: *Eucalyptus saligna*; sustainability; forestry; environment.

1 | INTRODUÇÃO

As plantações de árvores podem atuar tanto como fonte ou dreno do carbono da atmosfera. Se pensarmos em uma plantação bem manejada, os tratamentos silviculturais visam trazer o menor impacto, principalmente quando consideramos o manejo do solo. Um solo no qual é explorado sem considerar os limites de sua capacidade produtiva, torna-se frágil e susceptível à erosão e à degradação. Essas fragilidades, somadas ao desmatamento, são atualmente os principais responsáveis pelo aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera (GEE) (CERRI e CERRI, 2007).

Nas últimas décadas diversos fóruns mundiais tem debatido a problemática das mudanças climáticas. O objetivo desses encontros estava em elencar soluções que visam diminuir as emissões de CO₂, responsável por 55 % do efeito estufa. A partir do Protocolo de Quioto em 1997, levantaram-se alternativas aos países industrializados: sequestro de carbono por meio da proteção das florestas e/ou reflorestamento (YU, 2002).

O plantio de espécies arbóreas de rápido crescimento, além de atender as demandas do setor econômico, ajuda a preservar os remanescentes florestais nativos, evitando o esgotamento dos recursos naturais e fixando importante parcela de CO₂ presente na atmosfera. Outro importante ganho das plantações com espécies arbóreas está na serapilheira acumulada. Ela serve de fonte de nutrientes de liberação lenta, previne da erosão superficial e incorpora matéria orgânica e carbono no solo (COSTA et al., 2010; SCHUMACHER et al 2013; MOMOLLI et al., 2018).

Mundialmente, entre os anos 2000 – 2010, a área coberta por plantações de árvores cresceu 5 milhões de hectares (FAO, 2015). Os fatores que geraram tais resultados estão ligados ao crescimento da população mundial, o aumento do consumo de produtos oriundos das florestas além da utilização dessa matéria-prima como fonte energética. Seguindo a mesma tendência, houve a conversão de significativas áreas de campos nativos em plantações comerciais no sul do estado do Rio Grande do Sul (PILLON et al., 2008).

Tanto as formações florestais nativas quanto as plantações comerciais possuem uma camada de matéria orgânica disposta sobre o solo, resultado da deposição de sua biomassa denominada de serapilheira. Ela é composta pelas frações folhas, galhos, casca entre outros constituintes que são substituídos por tecidos vegetais mais novos a medida em que o povoamento envelhece (COSTA et al., 2010; SCHUMACHER et al., 2013).

A fixação do carbono no solo por meio de formações florestais se dá pelo constante

aporte de serapilheira e reciclagem radicular (BARRETO et al., 2008). Sabendo que as florestas são importantes sumidouros de carbono (SILVEIRA et al., 2008) e o solo é o compartimento com maior capacidade de armazenamento do mesmo (BATJES, 1996), a quantificação da serapilheira acumulada e carbono torna-se importante à compreensão do papel dos povoamentos florestais na sustentabilidade.

Diante desse aspecto, o objetivo do presente capítulo foi quantificar a serapilheira acumulada e o carbono em povoamento de *Eucalyptus saligna* ao final da rotação.

2 | METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em São Gabriel, estado do Rio Grande do Sul, no Horto Santa Clara, propriedade da empresa CMPC, sob as coordenadas geográficas centrais de 30° 29' 330" S e 54° 34' 667" O (FIGURA 1). Em 2008 foram plantadas mudas de um clone de *Eucalyptus saligna*. O espaçamento utilizado foi de 2,14 m x 3,5 m, representando uma densidade inicial por hectare de 1335 árvores. Por ocasião do estudo, as árvores encontravam-se ao 10 anos de idade.

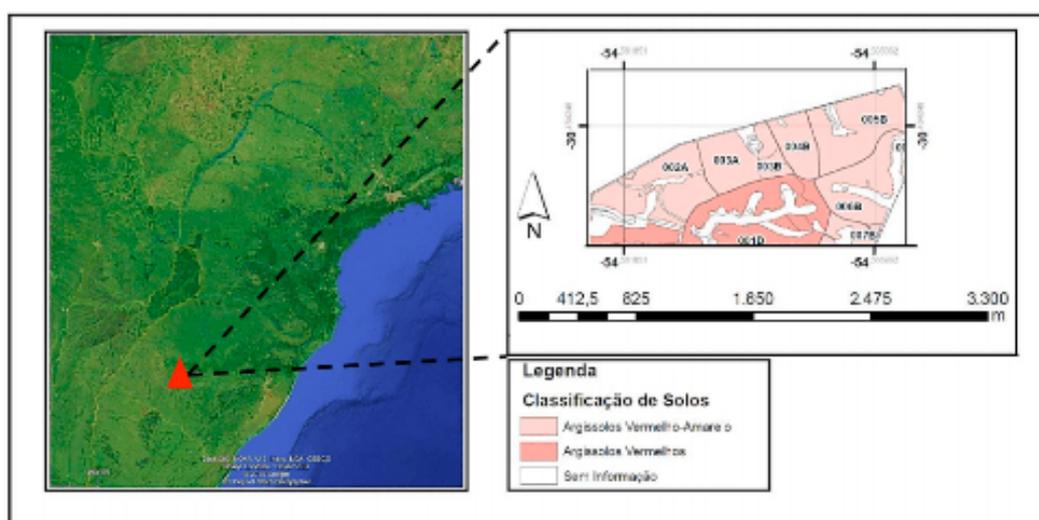


Figura 1: Localização do povoamento de *Eucalyptus saligna*.

Para realização do inventário florestal, demarcaram-se 5 parcelas com dimensões de 21,4 m x 21 m (449,4 m² cada) e mediram-se todos os DAPs dos indivíduos. Para obtenção dos volumes de madeira com e sem casca, abateram-se 12 árvores sendo 3 para cada classe diamétrica e realizou-se a cubagem rigorosa a cada 2 m ao longo do fuste da árvore. Na Tabela 1 verifica-se as variáveis dendrométricas do povoamento.

Densidade (arv. ha ⁻¹)	DAP	H (m)	G (m ² ha ⁻¹)	V cc -----	V sc (m ³ ha ⁻¹)	IMA -----
1173	19,6	29,5	37,11	560,37	501,80	50,18

Tabela 1: Características dendrométricas do povoamento de *Eucalyptus saligna* aos 10 anos de idade em São Gabriel – RS.

DAP = diâmetro altura do peito; H = altura; G = área basal; V cc = Volume com casca; V sc = volume sem casca; IMA = incremento médio anual.

O clima da região é do tipo subtemperado úmido Cfa. A variedade “Cfa” se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. Os verões podem apresentar período de seca, com temperatura média anual de 18,6 °C e a precipitação média anual de 1747 mm (ALVARES et al. 2014). A espécie *Eucalyptus saligna*, é classificada com uma aptidão climática média para a região de São Gabriel (FLORES et al., 2016).

O solo da área de estudo era do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo distróficos. Os argissolos são característicos por apresentar horizonte de B textural. Esse horizonte mineral de textura francoarenosa apresenta incremento de argila quando comparado aos horizontes mais superficiais. Quanto ao terceiro nível categórico, solos Vermelho-Amarelo distróficos apresentam saturação por bases < 50 % na maior parte dos primeiros 100 cm de horizonte B (EMBRAPA, 2013). Na Tabela 2 são apresentados os atributos químicos e físicos do solo da área por ocasião do plantio.

Prof. cm	Arg %	MO	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	P	K	V	m
					cmolc	dm ³		mg dm ³			%
0-20	20,0	1,4	5,2	0,8	6,9	4,4	2,0	1,4	25,0	48,4	11,0
20-40	20,0	3,2	5,3	0,5	4,4	4,8	2,4	3,4	80,0	62,7	6,3

Tabela 2: Atributos químicos e físicos do Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico em São Gabriel – RS.

Em que: Arg = argila; MO = matéria orgânica; T = CTC pH7; t = CTC efetiva; SB = soma de bases; V% = saturação por bases; m = saturação por alumínio.

De acordo com o manual de adubação e calagem para os estados da região sul do Brasil, o teor de matéria orgânica pode ser considerado baixo para a camada 0-20 cm e médio para a camada 20-40. O pH para ambas profundidades foram considerados baixos. Os teores de Mg são altos; P, muito baixo; K, baixo na camada 0-20 e alto na camada 20-40; Ca, baixo na camada 0-20 e médio na camada 20-40. A saturação por bases é classificada baixa e a saturação por alumínio na profundidade 0-20 é média, e

na profundidade 20-40 é baixa (SBCS-CQFS,2016).

2.2 Metodologia de coleta

O delineamento do experimento foi inteiramente casualizado (DIC), composto por 3 repetições (parcelas) e quatro tratamentos (frações da serapilheira). Plotaram-se 3 parcelas aleatórias com dimensões de 17,12 m x 14,00 m (239,68 m²). De forma totalmente aleatorizada nas áreas demarcadas, com o auxílio de uma moldura de ferro, espátulas e pincel, coletou-se todo material orgânico até atingir o solo mineral. A moldura possuía dimensões de 0,25 m x 0,25 m. Ao todo foram coletadas 30 amostras (10 em cada parcela). O material foi acondicionado em sacos de papel e transportados até o Laboratório de Ecologia Florestal – UFSM.

Em seguida, iniciou-se o processo de classificação do material orgânico em 4 diferentes frações: galhos, folhas, casca e miscelânea (mix de pequenas partículas de material de difícil identificação). Posterior a isso, o material foi seco em estufa de renovação e circulação de ar forçada a 70 °C por 72 horas ou até atingir uma massa invariável. As amostras foram pesadas em balança de precisão 0,01 gramas.

A estimativa do estoque de carbono deu-se com a utilização de teores de carbono da literatura nas diferentes frações da serapilheira acumulada. Realizou-se análise de comparação de médias entre os tratamentos (frações da serapilheira) com auxílio do *software* SISVAR 5.6 por meio do teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A biomassa de serapilheira acumulada foi de 13,1 Mg ha⁻¹ (Tabela 3), composta por 48 % de galhos, 25 % de folhas, 18 % de miscelânea e 9 % de casca. Houve diferença estatística significativa entre as frações por meio de teste Tukey ($p < 5\%$) (Figura 2).

Para Barbosa et al., (2017), a quantidade de serapilheira acumulada em povoamento de *E. urophylla* com 5 anos de idade foi de 13,07 Mg ha⁻¹. Ao contrario do presente estudo, a contribuição percentual de cada fração foi de 64,6; 27,1; 6,4 e 1,9 % para folhas, galhos, miscelânea e casca respectivamente. Segundo Seitz, (2003) a espécie *E. saligna* apresenta uma desrama natural bastante eficiente o que justifica a grande contribuição da fração galhos. Além disso, a medida em que o povoamento cresce, a quantidade de galhos produzida aumenta, justificando os resultados encontrados.

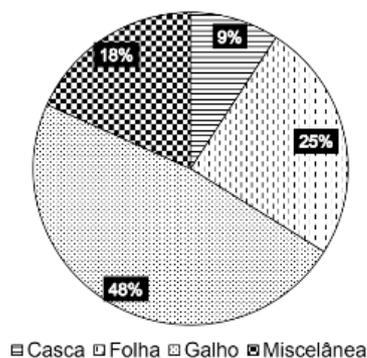


Figura 2: Percentuais de cada componente na serapilheira acumulada.

Variável	Casca	Folha	Galho	Miscelânea	Total
	(kg ha ⁻¹)				
Serapilheira	1.197d	3.243b	6.263a	2.393c	13.097
Carbono	553d	1.359b	2.837a	538c	5.288

Tabela 3: Quantidade de serapilheira acumulada e carbono (kg ha⁻¹) por fração em povoamento de *Eucalyptus saligna* em São Gabriel – RS.

Médias seguidas de letras diferentes na linha, diferem ao nível de significância (p<0,05) por meio do teste de Tukey.

Quando comparamos a serapilheira acumulada em formações florestais nativas, a quantidade estocada diminui circunstancialmente. Godinho et al., 2014 quantificaram a biomassa média de serapilheira acumulada ao longo de 12 meses em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual submontana no estado do Espírito Santo-BR e encontraram uma quantidade de 5,5 Mg ha⁻¹. Esses resultados são atribuídos à heterogeneidade de espécies que compõe a floresta, sendo que as atividades biológicas especialmente de agentes decompositores, torna-se mais ativa, acelerando o processo de decomposição do material depositado (O’CONNEL; SANKARAN 1997; WEDDERBURN; CARTER, 1999; ALLISON et al., 2013).

A quantidade de carbono total foi de 5,3 Mg ha⁻¹. Desses, 53,6; 26,7; 10,4 e 10,1 % constituído por galhos, folhas, casca e miscelânea respectivamente. Estudo realizado por Barbosa et al., 2017, em floresta nativa, em plantação de *Eucalyptus urophylla* aos 5 anos e outra de *Pterogyne nitens* aos 6 anos, localizados no sudoeste da Bahia, encontraram uma quantidade de carbono de 2,7; 5,6 e 0,6 Mg ha⁻¹.

Em estudo conduzido com a espécie *Eucalyptus camaldulensis* aos 50 anos de idade, Scalenghe et al., 2015 encontraram um estoque total de 13 Mg ha⁻¹, desses, correspondendo a 5 Mg ha⁻¹ de carbono.

Embora grandes quantidades de carbono são depositados pela serapilheira, a maior parcela do mesmo acaba não sendo sequestrado e incorporado pelo solo. Durante o processo de decomposição, a respiração edáfica consome O₂ e libera CO₂ para a atmosfera (PARKIN et al., 1996). Alguns fatores são determinantes para as

taxas da respiração edáfica. Diversos autores relatam que durante o período noturno, ocorre maior liberação de CO₂ (ALVES et al., 2006; HOLANDA et al., 2015), contudo, o desmatamento (SANTOS e CRISI, 1981), as áreas degradadas e o manejo inadequado do solo são os principais agravantes para aumento da emissão desses gases (SILVA et al., 2010).

4 | CONCLUSÃO

A fração galhos foi a mais representativa (48 %), seguido pelas folhas (25 %), miscelânea (18 %) e casca (9 %). O total de serapilheira acumulada e carbono foram de 13,1 e 5,3 Mg ha⁻¹ respectivamente.

Considerando as extensas áreas plantadas com o gênero *Eucalyptus* sp., podemos inferir que esses povoamentos apresentam um grande potencial de sequestro de carbono atmosférico por meio do acúmulo de serapilheira e posterior incorporação de parte do mesmo no solo.

Para que haja maior incorporação de carbono no solo, práticas de manejo mais conservacionistas precisam ser tomadas. Para tanto, devem-se evitar as queimadas, o desmatamento e recuperar as extensas áreas que encontram-se hoje degradadas ou em processo de degradação.

REFERÊNCIAS

ALLISON, S. D.; LU, Y.; WEIHE, C.; GOULDEN, M. L.; MARTINY, A. C.; TRESEDER, K. K. Microbial abundance and composition influence litter decomposition response to environmental change. **Ecology**, v. 94, n.3, p. 714–725, 2013.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; HOLANDA, A. C. Aporte e decomposição de Serapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.2, p.194-203, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2005**. Brasília: ABRAF, 2006. 120p.

BARBOSA, V.; BARRETO-GARCIA, P.; GAMA-RODRIGUES, E.; PAULA, A. Biomassa, Carbono e Nitrogênio na serapilheira acumulada de Florestas Plantadas e Nativa. 2017. **Floresta e Ambiente**. 24: e20150243.

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, p. 611-619, 2008.

BATJES, N. H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European Journal of Soil Science**, v. 47, p. 151 – 163, 1996,.

CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Agricultura e aquecimento global. **Boletim da Sociedade Brasileira de**

Ciência do Solo, v.32, p. 40-44, 2007.

COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açú - RN. **Revista Árvore**; v. 2, n. 34, p. 259-265, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200008>.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SBCS**. 3 ed. Brasília, DF. 2013. 353 p.

FERREIRA, M. A aventura dos Eucaliptos. In: SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**. Santa Maria, Ed. UFSM. 2015. 308p.

FLORES, T. B. et al. **Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação**. Piracicaba: IPEF. 2016. 448p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Global Forest Resources Assessment 2015: Main Report**. FAO Forestry Paper 253. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy.

GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; TRAZZI, P. A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual submontana, ES. **Cerne**. Lavras, v.20. n.1, p.11-20, 2014.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO A. L. P.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, Viçosa, v.39, n.2, p.245-254, 2015.

MOMOLLI, D. R.; SCHUMACHER, M. V.; DICK, G.; VIERA, M.; SOUZA, H. P. Decomposição da serapilheira foliar e liberação de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* no Bioma Pampa. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 46, n. 118, p. 199-208, 2018 DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v46n118.06](https://doi.org/10.18671/scifor.v46n118.06)

O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V. Organic matter accretion, decomposition and mineralisation. In: NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. G. (Ed.). **Management of soil, nutrients and water in tropical plantations forests**. Canberra: ACIAR; Melbourne: CSIRO, 1997. p. 443-480. (Monograph, 43).
PARKIN, T. B.; DORAN, J. W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and Laboratory Tests of Soil Respiration. In: DORAN, J.W. et al. **Methods for assessing soil quality**. Madison: **Soil Science Society of America**, 1996. p.231-245.

PILLON, C. N.; SANTOS, D. C.; LIMA, C. L. R.; DUPONT, P. B. Monitoramento de um Argissolo Vermelho sob produção de eucalipto de treze e vinte anos. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**; 2008. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 71).

SANTOS, O. M.; CRISI, O. M. efeitos do desmatamento nas atividades dos microorganismos de solo de terra firme na Amazônia. **Acta Amazônica**, v.11, n.1, p.97- 102, 1981.

SBCS-CQFS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11ª ed. Solo – Núcleo Regional Sul. Porto Alegre. 2016, 376 p.

SCALENGHE, R.; CELI, L.; COSTA, G.; LAUDICINA, V. A.; SANTONI, S.; VESPERTINO, D.; LA MANTIA, T. Carbon stocks in a 50 year old *Eucalyptus camaldulensis* stand in Sicily, Italy. 2015. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**. Vol 77, 2015 – Issue 4. P.263-267. <http://dx.doi.org/10.2989/20702620.2015.1055541>.

SCHUMACHER, M. V.; CORRÊA, R. S.; VIERA, M.; ARAÚJO, E. F. Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* maidenii. **Cerne**, v. 19, n.3, p. 501-508, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000300018>.

SEITZ, R. A. Produção de madeira de qualidade para a elaboração de painéis. **Revista da Madeira –**

ed. nº71, 2003.

SILVA, R. B.; SANTOS, A. C.; BATISTA, R. B. Respiração edáfica como indicativo da qualidade do solo em três agrossistemas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.6, 2010.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, 2008.

WEDDERBURN, M. E.; CARTER, J. Litter decomposition by four functional tree types for use in silvopastoral systems. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 31, n. 1, p. 455-461, 1999.

YU, C. M. Caracterização e tipologia do projetos de seqüestro de carbono no Brasil. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: 2002. p. 59-87.

VIABILIDADE ECONÔMICA, ANÁLISE DE RISCO E DE SENSIBILIDADE NO TRANSPORTE FLORESTAL RODOVIÁRIO

Aline Pereira das Virgens

Engenheira Florestal e Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista - Bahia

Luís Carlos de Freitas

Professor Titular, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Vitória da Conquista - Bahia

Márcio Lopes da Silva

Professor Titular, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa - Minas Gerais.

Danusia Silva Luz

Engenheira Florestal e Mestranda em Ciências Florestais pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista –Bahia

Ana Paula da Silva Barros

Engenheira Florestal e Mestranda em Ciências Florestais pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista –Bahia

Francisco de Assis Costa Ferreira

Engenheira Florestal e Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista - Bahia

RESUMO: O transporte florestal pode apresentar elevados de investimentos e altos custos operacionais que podem comprometer os lucros configurando risco a atividade, sendo essencial uma análise dos fatores de risco que possam influenciar o resultado final.

Objetivou-se com este estudo realizar análises econômicas, simulações de risco e projeções de sensibilidade na atividade de transporte rodoviário florestal. O estudo foi conduzido em uma empresa do setor florestal que realiza o transporte de madeira para a produção de carvão vegetal, localizada no litoral norte da Bahia. A frota utilizada constituiu na sua totalidade de caminhões bitrens. Estimou-se os custos operacionais pela metodologia da FAO. As análises econômicas foram projetadas com base nos seguintes critérios: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Periódico Equivalente (VPE). Utilizou como suporte para as análises os softwares @Risk e Top Rank, respectivamente para gerenciamento de risco e avaliações de sensibilidade. O custo operacional do transporte com o bitrem foi de 60,97 h⁻¹. Atividade apresentou-se viável economicamente com o VPL (US\$ 145.699,97 por ano); TIR (31,55% por ano) e VPE (US\$ 21.226,44). Houve indicativo de risco, caso ocorra oscilações do mercado numa margem de 20%, apresentando 22,4% de valores referentes ao VPL negativos. Na análise de sensibilidade as variáveis que apresentaram grande influência no VPL foram; valor do frete, número de viagens e o valor de aquisição do veículo.

PALAVRAS-CHAVE: Análise Probabilística, Bitrem, Técnica de Monte Carlo.

ABSTRACT: Forest transport activity can present high levels of investments and high cost indices, thus creating a risk to the activity, which makes an analysis essential that includes risk factors that may influence the final result. The objective of this study was to carry out economic analyzes, risk simulations and sensitivity projections in the activity of forest road transport. The study was carried out in a company of the forestry sector that carries out the transportation of wood for the production of charcoal, located in the north coast of Bahia. The fleet used consisted of all Bitrens trucks. Operational costs were estimated using the FAO methodology. The economic analyzes were designed based on the following parameters: Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Periodic Equivalent Value (EBV). He used the software @Risk and Top Rank, respectively for risk management and sensitivity assessments, as support for the analyzes. The operational cost of transportation with the bitrem was 60.97 h-1. Activity was economically feasible for NPV (US \$ 145,699.97 per year); IRR (31.55% per year) and EBV (US\$ 21,226.44). There was an indication of risk in case of market fluctuations in a margin of 20%, presenting 22.4% of negative NPV values. In the sensitivity analysis, the variables that showed great influence in the NPV were: freight value, number of trips and the purchase value of the vehicle.

KEYWORDS: Probabilistic Analysis, Bitrem, Monte Carlo Technique.

1 | INTRODUÇÃO

O setor florestal desempenha uma importante função no cenário econômico do país, sendo responsável atualmente por 6,2% do PIB Industrial brasileiro (IBÁ, 2017). Dentre as atividades envolvidas em um empreendimento florestal destaca-se o transporte de madeira, constituindo em elemento essencial na composição dos dispêndios inerentes a produção, podendo impactar em até 50% dos custos totais da madeira posta no centro consumidor, sendo um dos itens de custos mais onerosos dentro da atividade (BERGER et al., 2003; MACHADO et al., 2011). Tal atividade pode ser influenciada por diversos fatores, entre eles a distância entre o ponto de saída e o destino final, o padrão de qualidade das estradas, os tipos de veículos, o carregamento e descarregamento e o sortimento da madeira, além de outros que interferem no desempenho dos veículos do transporte (MACHADO et al., 2009; ALVES et al., 2013).

No setor de transporte florestal, muitas são as variáveis que podem potencializar os riscos do empreendimento como, por exemplo, mudança da política interna com alterações das taxas de juros, aumento do custo do combustível, aumento dos encargos e valores de pedágios, alterações nos valores do frete, distâncias entre os plantios e o centro consumidor, condições climáticas e custos com manutenção e pneus. De acordo com Silva et al., (2003) e Bramucci; Seixas, (2014), o aperfeiçoamento das técnicas de transporte da madeira torna-se cada vez mais necessário para o aumento da eficiência operacional, da produtividade e redução do custos de produção, contribuindo para a

melhoria do processo produtivo e maior competitividade das empresas florestais.

Dada a diversidade de fatores influentes e o significativo impacto dos custos de transporte na cadeia produtiva do setor florestal, vislumbra-se a importância de uma análise econômica consistente que possa contemplar simulações de risco e projeções de sensibilidade. A atividade de transporte florestal pode apresentar graus elevados de investimentos e altos índices de custos, configurando risco a atividade, o que torna essencial uma análise que contemple fatores de risco que possam influenciar o resultado final. Tal análise é fundamental para subsidiar a tomada de decisão, para a geração de conhecimento e a formulação e/ou avaliação de políticas no setor florestal.

Dessa forma, objetivou-se com este estudo realizar análises econômicas, simulações de riscos e projeções de sensibilidade, na atividade de transporte rodoviário florestal, em uma empresa localizada no litoral norte da Bahia, que utiliza como composição veicular de carga caminhões bitrenspara o transporte de madeira.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 2.1 Caracterização do estudo

A pesquisa foi conduzida em uma empresa do setor florestal, localizada no litoral norte da Bahia, a qual realiza o transporte de madeira com auxílio do caminhão bitrem (composição: cavalo mecânico + dois semi-reboques). Os caminhões são compostos pelo cavalo mecânico da Mercedes AXOR 2831, e os semi-reboques são da FACCHINI e RANDON.

A distância entre os talhões e destino final da madeira (fornos) são, em média, 10 quilômetros. A estrada é de uso exclusivo da empresa, utilizada basicamente para o transporte de madeira, sendo a mesma sem pavimentação, porém, em boas condições de tráfego. São realizadas, em média, seis viagens por dia para cada caminhão, sendo empregados no total 16 veículos de transporte. Cada caminhão transporta, em média, 55 metros cúbicos de madeira por viagem, apresentando um ciclo de 62 minutos em uma viagem completa, sendo: 15 minutos no carregamento, 20 minutos na viagem de ida (carregado), 12 minutos de descarregamento e 15 minutos na viagem de retorno (descarregado).

2.2 Análises de custos e receitas

A estimativa de custo operacional para a composição veicular de carga avaliada, caminhão bitrem, foi realizada segundo metodologia da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (1956), proposto por Freitas et al., (2004) para transporte florestal e adaptado para a realidade do estudo, conforme descrito abaixo (Tabela 1).

	Itens de Custo	Fórmula		Itens de Custo	Fórmula
FIXOS	Juros (J)	$J = \frac{Va \cdot i \cdot f}{hf}$	Variáveis	Combustível (Ccb)	$Ccb = \frac{km(total)}{consumo} \cdot \text{preço do combustível}$
	Seguros (S)	$S = \frac{Sa}{hf}$		Graxas e lubrificantes (G.L.)	$G.L = Ccb \cdot 0,2$
	Impostos (I)	$I = \frac{I}{hf}$		Manutenção e conserto	$Co = \frac{Va}{ht \cdot hv \cdot TE}$
	Depreciação (D)	$D = \frac{(Va - Vr)}{H}$		Custo de pneu (Cp)	$hv = hf \left(1 - \frac{TV + TE}{TV + TE}\right)$
					$Cp = \frac{B}{t \cdot hv} + \frac{(T + B)(T \cdot HV - N)}{N \cdot T \cdot hv}$
	Custo de mão de obra (CMD)	$CMD = \frac{B12 \cdot Sm(1 + S)}{hf}$			
	Custos Administrativos (CAD)	$CAD = (J + S + I + D + Ccb + G.L + Co + Cp + CMD) \cdot 8,09\%$			

Em que; Va = valor de aquisição da composição veicular de carga; i = taxa anual de juros (7,50% a.a); f = fator que corrige o valor do equipamento (6,0%); hf = hora efetiva de trabalho, Sa = valor do seguro anual, I = Valor do Imposto sobre a propriedade de veículos automotores – IPVA e do Licenciamento do veículo, Vr = valor residual (Va*0,10); H = vida econômica da máquina, expressa em horas efetivas de trabalho, Km (total) = quilometragem total; consumo = litros consumidos de acordo a quilometragem, 0,2 = representa um índice percentual do custo do combustível, t = vida útil do veículo; hv = hora efetiva de viagem por ano, TE = tempo de espera; TV = tempo de viagens, B = corresponde a 50% do custo de substituição do jogo de pneus; T = custo de substituição de um jogo de pneus; N = vida útil dos pneus, em horas, B12 = representa uma constante equivalente aos 12 meses do ano; Sm = representa a soma do salário mensal do motorista e ajudante; S = fator de encargos sociais (35%), 8,09% = coeficiente para cálculo do custo administrativo utilizado pela empresa.

Os custos que ocorrem independente da distância de transporte são considerados fixos, enquanto aqueles dependentes são considerados variáveis (MINETTE et al., 2008).

De acordo com a metodologia FAO (1956), os custos administrativos correspondem 5% do somatório de custos fixos, variáveis e de mão de obra, porém, em pesquisa de campo a empresa utiliza um percentual superior (8,09%), o qual foi considerado para efeito de cálculos.

Em relação às receitas, considerou-se o valor pago para cada metro cúbico de madeira transportada, sendo o referido valor na ordem de US\$ 2,25 para uma distância de transporte de 10 quilômetros.

Considerou-se um horizonte planejamento de 10 anos, tempo em que a empresa se beneficia da vida útil do veículo de transporte. Para a depreciação, adotou-se uma taxa de 10% ao ano referente ao desgaste da máquina. Partindo do pressuposto de que todos os bens sejam eles máquinas, equipamentos ou instalações, sofrem desgaste e que esse desgaste promove uma perda que representa um custo real (OLIVEIRA, 2000); acrescentou-se um fator de 0,1% para mais nos custos de manutenção, consumo de combustível, graxas e lubrificantes e de 0,1% para menos no custo de

seguros.

Para este estudo foi utilizado os valores em dólares, visando conferir um caráter menos temporal às análises efetuadas. Valor do dólar conferido dia 21/02/2018 R\$ 3,26 = US\$ 1,00.

2.3 Análises da viabilidade econômica

De posse dos dados de custos e receitas envolvidas ao longo do horizonte de planejamento do projeto, considerado de 10 anos, elaborou-se um fluxo de caixa de forma determinar os indicadores de viabilidade econômica propostos, sendo estes: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Periódico Equivalente (VPE) conforme Silva et al.,(2005) e Rezende; Oliveira (2013).

2.4 Análises de Risco

Para a análise de risco foram consideradas as informações do fluxo de caixa, ou seja, balanço entre receitas e custos gerados ao longo do horizonte de planejamento. Utilizou-se o programa @Risk desenvolvido para realizar simulações pelo método Monte Carlo, o qual possibilitou reproduzir a realidade pela geração de modelos e cenários aleatórios, trabalhando de maneira integrada a planilha do EXCEL (PALISADE CORPORATION, 2002).

Foram realizadas 10.000 iterações, considerando como variáveis de entrada; o número de viagens, salário do motorista, taxa de juros, custos administrativos, valor do frete, valor de aquisição do veículo, valor de combustível, tempo de viagem e depreciação da máquina, todas com oscilações de -20% a +20%, utilizando como base a distribuição triangular uniforme, conforme Fonseca (2013), Cordeiro et al., (2010) e Bentes-Gama et al. (2005). De acordo com Souza; Frizzone (2003), as distribuições triangulares e uniformes são as mais utilizadas nas ciências agrárias e na economia, por se apresentarem mais simples e terem o benefício de não precisarem de muitos dados de um determinado evento. Como variáveis de saída foi avaliado o indicador VPL. Com base nos respectivos indicadores foram realizadas estatísticas descritivas e qualitativas na ordem de valores mínimos, máximos, médios, moda, desvios-padrão e percentis para gerenciamentos dos riscos.

2.5 Análises de sensibilidade

Para a análise de sensibilidade foi empregado o programa Top Rank o qual tem como objetivo identificar as variáveis mais importantes, executando análises de sensibilidade automatizadas de variações hipotéticas em planilhas do EXCEL (PALISADE CORPORATION, 2002). Para a análise em questão foi elaborado um

gráfico denominado *Spiderplot* que permite analisar as seguintes situações: os limites de cada variável independente e a influência no resultado final para cada mudança unitária da variável independente. Sendo esse programa comumente utilizado em análises econômicas (SILVA; BELDERRAIN, 2001). Esta ferramenta constitui em uma técnica útil para avaliar o impacto das incertezas referentes ao projeto avaliado.

3 | RESULTADOS

3.1 Análises de custos e receitas

O valor do frete é US\$ 2,25 por metro cúbico, para cada 10 km percorrido, totalizando uma receita de US\$ 123,67 por hora de trabalho, para cada veículo de transporte.

Os custos totais foram divididos em custos fixos, variáveis, pessoal e administrativos, sendo calculados por hora efetiva de trabalho (Tabela 2).

Custos fixos				Custos variáveis				Custo de pessoal	Custos Administrativos	Total
J	S	I	D	Ccb	GL	Co	Cp	CMO	CAD	
4,01	0,54	0,42	8,02	13,53	2,71	15,82	1,17	10,20	4,56	60,97

Tabela 2 – Custos do transporte de madeira em US\$/hora estimados pela metodologia da FAO (1956) para o veículo Bitrem

Em que: J: Juros; S: seguro; I: Imposto; D: Depreciação; Ccb: combustível; GL: graxas e lubrificantes; Co: custos de consertos; Cp: custos de pneus; CMO: custo com mão de obra; CAD: custos administrativos.

O custo para cada veículo de transporte totalizou US\$ 60,97 por hora efetiva de trabalho, consolidando, portanto um lucro de US\$ 62,70 por hora de operação.

O custo de conserto foi a variável de maior impacto, para Freitas et al., (2004), essa mesma tendência foi observada, tendo os custos de combustível (Ccb) e de manutenção e consertos como os componentes mais expressivos, merecendo, portanto, atenção especial no gerenciamento e controle de gastos.

De acordo com os resultados, os custos variáveis apresentaram maior porcentagem entre os custos totais, tendo uma participação de cerca de 55% em relação aos demais (Figura 1). Eller et al., (2011), afirmam que no modal rodoviário os custos variáveis normalmente são os mais elevados dentro dos custos totais, por apresentarem variáveis relacionados com a distância percorrida.

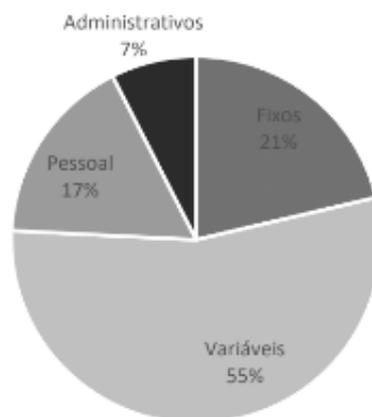


Figura 1 – Representação gráfica da distribuição percentual dos custos na atividade de transporte rodoviário florestal.

Apesar de a empresa disponibilizar o custo de manutenção, essa variável foi calculada pela metodologia da FAO (1956), sendo contemplado neste caso o custo de consertos e troca de pneus. Ao dividir o valor mensal informado pela empresa pelas horas efetivas ao mês, foi encontrado um valor de US\$ 18,59 h⁻¹, valor este muito próximo em relação aquele encontrado quando da adoção da referida metodologia (US\$ 16,98 h⁻¹), o que comprova a eficiência do referido método empregado na estimativa de custos para o transporte, já afirmada por Freitas et al., (2004).

3.2 Análises econômicas

Por meio das estimativas de custos e dados de receitas anuais, elaborou-se um fluxo de caixa com valores correntes e descontados para o ano zero, tomando como base um horizonte de planejamento de 10 anos (Tabela 3).

Ano de Ocorrência	Receitas		Custos		Fluxo de caixa
	Receitas	Custos	Descontadas	descontados	
0	\$ 195.886,38	\$ 224.998,66	\$ 195.886,38	\$ 224.998,66	\$ -29.112,28
1	\$ 195.886,38	\$ 213.735,53	\$ 182.219,89	\$ 198.823,75	\$ -16.603,86
2	\$ 195.886,38	\$ 202.507,22	\$ 169.506,87	\$ 175.236,10	\$ -5.729,23
3	\$ 195.886,38	\$ 191.288,92	\$ 157.680,81	\$ 153.980,04	\$ 3.700,77
4	\$ 195.886,38	\$ 180.078,49	\$ 146.679,83	\$ 134.842,87	\$ 11.836,96
5	\$ 195.886,38	\$ 168.874,35	\$ 136.446,35	\$ 117.630,88	\$18.815,47
6	\$ 195.886,38	\$ 157.675,32	\$ 126.926,84	\$ 102.167,54	\$ 24.759,30
7	\$ 195.886,38	\$ 146.480,50	\$ 118.071,48	\$ 88.291,84	\$ 29.779,64
8	\$ 195.886,38	\$ 135.289,19	\$ 109.833,93	\$ 75.856,95	\$ 33.976,98
9	\$ 195.886,38	\$ 124.100,83	\$ 102.171,10	\$ 64.728,94	\$ 37.442,16
10	\$ 195.886,38	\$ 119.970,20	\$ 95.042,88	\$ 58.208,81	\$ 36.834,07
	\$2.154.750,18	\$1.864.999,20	\$1.540.466,35	\$1.394.766,38	\$ 145.699,97

Tabela 3 – Fluxo de caixa de um transporte florestal.

Com base no fluxo de caixa, procedeu-se a determinação dos indicadores de viabilidade econômica, sendo encontrados os seguintes valores: VPL (US\$ 145.699,97); TIR (31,55% ao ano); VPE (US\$ 21.226,44 por ano). Os resultados das análises configuraram, portanto viabilidade econômica para todos indicadores avaliados, considerando uma taxa de desconto de 7,50 % a.a.

Os resultados das análises configuraram, portanto viabilidade econômica para todos indicadores avaliados, considerando uma taxa de desconto de 7,50 % a.a. O alto investimento inicial na aquisição de veículos de transporte fez com que os três primeiros anos configurassem em prejuízos (Tabela 1). Com o decorrer do tempo, o retorno financeiro se tornou maior, sendo esta tendência observada em trabalhos realizados para a análise econômica de transportes, conforme relatado por Tarichietal.,(2013) e Savi et al.,(2013). Tal fato pode ser explicado pelos valores constantes de receita durante a vida útil do projeto.

Savietal.,(2013) analisando a viabilidade econômica do transporte de madeira realizada por três composições veiculares (Caminhão, Bitrem e Carreta), obteve como melhor alternativa o sistema Bitrem, porém, nenhuma das alternativas apresentou atratividade, considerando os critérios VPL, TIR e VPE. De acordo com os respectivos autores, o melhor resultado para o caminhão Bitrem pode ser explicado pela maior capacidade de carga em relação às demais composições, atenuando os custos de combustível e manutenção. O trabalho executado por Saviet al., (2013) apresenta situação diferente em virtude da distância aplicada; que foi de 400 km, situação não contextualizada no trabalho em questão.

3.3 Análises de Risco

Com o auxílio do programa @Risk obteve-se simulações dos possíveis cenários

de viabilidade econômica e suas probabilidades acumuladas, para a atividade de transporte florestal, conforme tabela 4.

Descrição	Variável de saída	Variáveis de entrada								
	VPL	A.V	S.M	Ccb	Nv	J	Cad	Tv	F	D
Mínimo	-464.211,40	112.931,10	430,49	0,72	4,80	0,06	0,06	0,82	1,81	-19,83
Máximo	795.389,00	169.087,80	643,85	1,08	7,19	0,09	0,10	1,24	2,70	19,80
Média	143.385,90	141.104,30	537,42	0,90	6,00	0,08	0,08	1,03	2,25	0,00
Desvio Padrão	184.597,70	11.521,72	43,88	0,07	0,49	0,01	0,01	0,09	0,18	8,17
Mediana	0,11	0,00	0,00	0,01	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Moda	183.263,40	141.245,80	536,88	0,90	5,99	0,08	0,08	1,03	2,24	-0,10
Percentis										
5%	-154.116,10	121.800,00	463,91	0,78	5,18	0,07	0,07	0,89	1,94	-13,68
20%	-14.892,87	130.730,90	497,91	0,83	5,56	0,07	0,07	0,95	2,08	-7,35
25%	14.827,98	132.835,30	505,93	0,85	5,65	0,07	0,08	0,97	2,12	-5,86
50%	138.556,50	141.103,70	537,42	0,90	6,00	0,08	0,08	1,03	2,25	0,00
95%	457.007,40	160.392,30	610,90	1,02	6,82	0,09	0,09	1,17	2,56	13,67

Tabela 4 – Análise de risco pelo Método de Monte Carlo para a atividade de transporte florestal com o bitrem em US\$h⁻¹.

Em que: AV: aquisição do veículo, S.M: salário do motorista, Ccb: combustível, Nv: número de viagens, J: juros, CAD: custos administrativos, Tv: tempo de viagem D: depreciação, F: frete.

Avaliando os resultados das simulações para o indicador VPL, observou-se que 20% dos valores dos percentis apresentaram-se abaixo de US\$ -14.892,87. Ou seja, considerando os valores mínimos encontrados, existe a possibilidade de estimativas negativas para a variável de saída. A porcentagem de valores negativos para o VPL encontrados é igual a 22,4%.

De acordo com Hacuraet al., (2001), o projeto é inseguro quando a probabilidade de se obter Valor Presente Líquido (VPL) negativo é maior que 20%. Com base nesse estudo, os resultados apresentaram um indicativo risco para a atividade de transporte com a utilização do bitrem para o transporte de madeira no litoral norte da Bahia.

Cabe ressaltar que o valor crítico dessa medida de risco é subjetivo, pois cada atividade tem um grau diferente de aversão ao risco e deve ser analisada mediante series de variação do mercado.

A ilustração deste cenário sobre o risco de investimento pode ser observada na função de densidade de probabilidade simulada do VPL para o transporte florestal, conforme figura 2.

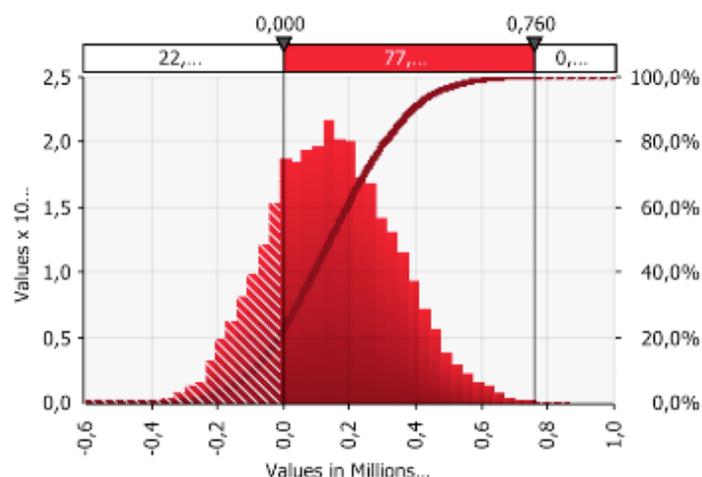


Figura 2 – Probabilidade de distribuição relativa e acumulada do VPL para o transporte florestal para o veículo bitrem aos 10 anos de uso e para a distâncias de 10 km.

A figura 2 apresenta algumas características importantes para melhor entendimento sobre o risco na atividade avaliada, como: presença da curva de frequência acumulada, probabilidade de existência de valores positivos e negativos para o VPL, além da posição em que se situam os valores de VPL moda e mediana. Nota-se ainda que as distribuições de probabilidade dos indicadores econômicos foram simétricas ao redor da média e mediana não tendendo a uma inclinação acentuada para nenhum dos lados.

Foi possível observar que houve uma dispersão considerável dos dados em torno da média, expressa pelo desvio padrão da média, essa variação proporcionou a ocorrência de valores negativos para o VPL.

Considerando o cenário do risco, o intervalo apresentado mostrou um grau de confiança para o valor do VPL médio, o qual se mostrou positivo, porém a probabilidade de valores de VPL's negativos de acordo as simulações, foi de 22,4% tendo o desvio padrão apresentado também a possibilidade de valores negativos. Essas estatísticas afirmam que as oscilações de 20% das variáveis de mercado envolvidas no estudo podem inviabilizar a atividade.

3.4 Análises de Sensibilidade

Na figura 3 foi possível identificar as principais variáveis independentes que influenciam a sensibilidade da variável dependente.

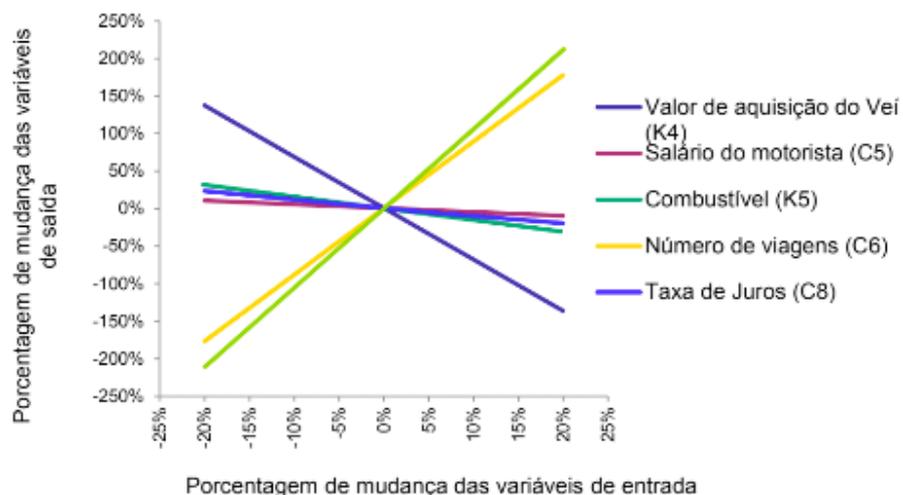


Figura 3 – Efeito das principais variáveis de entrada no resultado do VPL para o transporte de madeira pelo Bitrem.

Na figura 2 pode-se observar ainda que todas as curvas interceptam-se no mesmo ponto, o qual é o valor determinístico, ao serem substituídas todas as variáveis por seus valores base. Logo, nesse ponto a porcentagem de mudança da variável em relação ao valor esperado é zero. O mais importante, contudo é notar como a curva se comporta com a variação no eixo horizontal. As curvas que apresentam maiores declividades, seja positiva ou negativa, merecem especial atenção já que uma pequena variação no valor esperado tem maiores reflexos no resultado final.

A curva final construída por esse conjunto de dados configurou-se na análise de sensibilidade da atividade do transporte florestal. As curvas destinadas as variáveis “valor do frete”, “números de viagens” e “aquisição do veículo” apresentaram maior declividade em relação às demais mostrando sensibilidade de 200%, 160% e 140% respectivamente para o VPL com uma variação de 20% para mais e para menos no mercado. Tais variáveis merecem, portanto melhor atenção visando tanto o aumento do lucro como a redução dos prejuízos. Além dessas as variáveis “taxa de juros”, “combustível” e “salários do motorista” também apareceram, porém sem grande influência.

4 | CONCLUSÃO

O custo operacional da atividade de transporte foi de $60,97 \text{ h}^{-1}$, sendo os custos variáveis os mais expressivos perante o total.

A atividade de transporte florestal rodoviário com o uso do bitrem apresentou-se viável economicamente para todos os indicadores avaliados (VPL, TIR, VPE). Houve indicativo de risco caso ocorra oscilações do mercado numa margem de 20%, apresentando 22,4% de valores referentes ao VPL negativos.

Para a análise de sensibilidade as variáveis que apresentaram grande influência

no VPL foram; valor do frete, número de viagens e o valor de aquisição do veículo.

A técnica gráfica conhecida como *Spider plot* mostrou-se eficaz para análise das incertezas atreladas ao projeto, bem como para o monitoramento das variáveis de maior impacto nos indicadores econômicos.

5 | AGRADECIMENTO

À UESB pela infraestrutura e concessão de bolsa de mestrado, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALVESHYPERLINK "<http://lattes.cnpq.br/1207280379309654>", R.T. FIEDLER, N. C. SILVA, E. N. LOPES, E. S. CARMO, F. C. A. **Análise técnica e de custos do transporte de madeira com diferentes composições veiculares**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.897-904, 2013.

BENTES-GAMA, M. M.; SILVA, M. L.; VILCAHUAMÁN, L. J. M.; LOCATELLI, M. **Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machado D'Oeste- RO**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v. 29, n.3, p. 401-411, 2005.

BERGER R. TIMOFEICZYK JÚNIOR, R. CARNIERI, C. LACOWICZ, P. G. SAWINSKI JUNIOR, J. BRASIL, A. A. **Minimização de custos de transporte florestal com a utilização da programação linear**. Revista *Floresta*, Curitiba-PR. v. 33, n. 1, p. 53-62, 2003.

HYPERLINK "<http://lattes.cnpq.br/2075335904209708>"

BRAMUCCI, M. SEIXAS, F. **Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de "harvesters" na colheita florestal**. *Scientia Forestalis*, Piracicaba-SP, v. 62, p. 62-74, 2014.

CORDEIRO, S. A. HYPERLINK "<http://lattes.cnpq.br/0790886337083611>". SILVA, M. L. JACOVINE, L. A. G. VALVERDE, S. R. SOARES, N. S. **Contribuição do fomento do órgão florestal de Minas Gerais na lucratividade e na redução de riscos para produtores rurais**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v. 34, p. 367-376, 2010.

ELLER, R. A. G. SOUSA JUNIOR, W. C. CURI, M. L. C. **Custos do transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário**. *Journal of Transport Literature* .v. 5, n. 1, p. 50-64, 2011.

FREITAS, L. C. MARQUES, G. M. SILVA, M. L. MACHADO, R. MACHADO, C. C. **Estudo comparativo envolvendo três métodos de cálculo de custo operacional do caminhão bitrem**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.855-863, 2004.

FONSECA, D. A. **Avaliação de risco da produção de carvão vegetal em propriedades rurais no Alto Jequitinhonha**. Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri UFVJM, p 51. 2013.

HACURA, A.; JAMADUS-HACURA, M.; KOTOT, A. **Risk analysis in investment appraisal based on the Monte Carlo simulation technique**. *European Physical Journal B*, New York, v. 20, n. 4, p. 551-553, Apr. 2001.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORE – IBÁ. Relatório 2017. Indústria Brasileira de

Árvores: Brazilian Tree Industry. Brasília, 2017.

MACHADO, C. C. LOPES, E.S. BIRRO, M.H. **Elementos básicos do Transporte Florestal Rodoviário**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.167p.

MACHADO, C. C. LOPES, E. S. BIRRO, M. H. B. MACHADO, R. R. **Transporte Rodoviário Florestal**. 2ª Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 217p.

MINETTE, L. J. SILVA, E. N. FREITAS, K. E. SOUZA, A. P. SILVA, E. P. **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v. 12, p. 6, 2008.

PALISADE CORPORATION. **Risk analysis and simulation add-in for Microsoft Excell or Lotus 1-2-3**.New York: Palisade Corporation, 2002.

OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: Avaliação de uma frota**. Dissertação – Mestrado em Agronomia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo. p. 51. 2000.

REZENDE, J. L. P. OLIVEIRA, A. D. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. 3ª. ed. Viçosa: Editora UFV. 2013. 385p.

TARICHI, A. P. CHIQUITO, A. R. FERREIRA, R. U. **Análise de Viabilidade Econômico Financeira no Setor de Logística em uma Indústria de Andradina/SP**. Revista InterAtividade, Andradina-SP, v.1, n. 1, 2013.

SAVI, A. FHYPERLINK "<http://lattes.cnpq.br/1655079358383265>"; CANEPPELE, F.; OLIVEIRA, M.R.G. **Custeio de Diferentes Tipos de Transporte Rodoviário no Setor Madeireiro de Itapeva**. Floresta e Ambiente, v. 19, p. 147-154, 2012.

SILVA, C. B. SANT'ANNA, C. M. MINETTE, L. J. **Avaliação ergonômica do *feller-buncher* utilizado na colheita de eucalipto**. Cerne, Lavras-MG, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003;

SILVA, R. M; BELDERRAIN, M. C. N. Considerações sobre Análise de Sensibilidade em Análise de Decisão. In: XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2004, São João Del Rei. Anais, 2004. v.1.

SILVA, M. L. JACOVINE, L. A. G. VALVERDE, S. R. **Economia Florestal**. 2ª. ed. Viçosa: Editora UFV. 2005. 178p.

SOUZA, J. L. M. FRIZZONE, J. A. **Modelo aplicado ao planejamento da cafeicultura irrigada. III Análise de risco econômico da cafeicultura em dois sistemas de irrigação**. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá-PR, v. 25, n.2, p. 399-408, 2003.

SOBRE O ORGANIZADOR

ANDRÉ LUIZ OLIVEIRA DE FRANCISCO Atualmente é Analista de Pesquisa do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) na Área de Solo (ASO) do Polo Regional de Pesquisa de Ponta Grossa e Professor do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE). Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e Mestre em Energia Nuclear na Agricultura na área de concentração de Biologia e Meio Ambiente pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP) e Doutorando em Agronomia área de concentração de Uso e Manejo do Solo na Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Trabalha com os temas: Qualidade de Sistemas de Produção Agrícola e Ambientais, Microbiologia do Solo, Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-044-5



9 788572 470445