



UFES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS - CCHN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL - PPGBV

FABIANA GOMES RUAS

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS, MANEJO E
PERFIL QUÍMICO DE AROEIRA (*Schinus
terebinthifolius* Raddi.) NO ESTADO DO
ESPÍRITO SANTO**

VITÓRIA- ES

2016

FABIANA GOMES RUAS

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS, MANEJO E
PERFIL QUÍMICO DE AROEIRA (*Schinus
terebinthifolius* Raddi.) NO ESTADO DO ESPÍRITO
SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal. Área de concentração: Fisiologia vegetal.

Orientador: Dr. José Aires Ventura

VITÓRIA- ES

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

- R894s Ruas, Fabiana Gomes, 1970-
Seleção de genótipos, manejo e perfil químico de aroeira
(*Schinus terebinthifolius* Raddi.) no estado do Espírito Santo /
Fabiana Gomes Ruas. – 2016.
141 f. : il.
- Orientador: José Aires Ventura.
Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e
Naturais.
1. Arreira-vermelha. 2. Fitoquímicos. 3. Manejo florestal. I.
Ventura, José Aires, 1954-. II. Universidade Federal do Espírito
Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 57

Fabiana Gomes Ruas

“Seleção de genótipos, manejo e perfil químico de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.)”

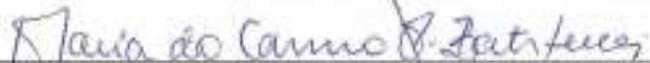
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Biologia Vegetal.

Aprovada em 29 de setembro de 2016.

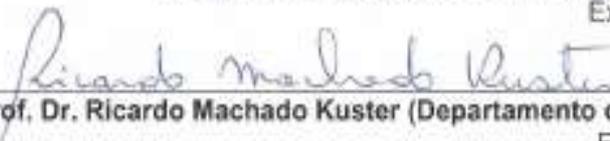
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. José Aires Ventura (UFES)
Orientador e Presidente da Comissão



Prof. Dr.ª Maria do Carmo Pimentel Batitucci (UFES)
Examinadora Interna



Prof. Dr. Ricardo Machado Kuster (Departamento de Química/UFES)
Examinador externo

“Nada no universo fica sem resposta!” Paciência, Resiliência, Sabedoria, aprendizados para superar as adversidades! Este trabalho não é só meu, mas de toda uma equipe elite de pessoas que além de competentes, são realmente especiais, com as quais contei nesse período de meu caminhar.

Dedico a minha mãe (*In memoriam*), meu exemplo de vida, e a minha filha, minha continuidade de vida!

AGRADECIMENTOS

À Deus, minha certeza maior, minha força e confiança;

A minha família, em especial a minha mãe Mirtes Souza Gomes Ruas (*"In memoriam"*), eternamente o Norte de minha alma;

A minha filha Gabriele Ruas Pavan, o motivo mais importante que a vida me deu para ser feliz;

A minha Instituição – Incaper, por todo apoio, em especial à Fazenda Experimental Engenheiro Agrônomo Reginaldo Conde (Jucuruaba – Viana) cuja equipe liderada por Afonso Carlos Valentim, muito contribuiu nesta pesquisa;

Ao Projeto Biomas e toda equipe pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional, especialmente aos colegas parceiros da Embrapa Florestas: Edinelson Maciel Neves, Alisson Moura Santos e João Bosco Vasconcellos Gomes, aos bolsistas e estagiários: Joelma de Carvalho Barbosa, Maicon Pizzol, Carlos André Azevedo Rocha e Ana Claudia Ribeiro Pinheiro e ao técnico agrícola Wagner Farias Ferreira Braz que em conjunto com a equipe de campo soube conduzir os experimentos com competência e proatividade;

À UFES, minha universidade de sempre, da qual sou fruto e tenho o compromisso de bem representar;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de estudo;

Aos colegas e amigos, que contribuíram para o resultado do que sou e do que faço, em especial Dra. Maria Diana Cerqueira Sales, Dr. Ricardo Machado Kuster e Dr. Hildegardo Seibert Franca, parceiros de todos os projetos;

E, por fim, ao meu Mestre, orientador para diversos assuntos, Dr. José Aires Ventura. Talvez nunca consiga expressar toda minha gratidão, mas que representa o exemplo claro de prática e teoria de um Ser Humano da mais alta qualidade;

RESUMO

A pesquisa foi realizada na Região Norte do Espírito Santo com o apoio do Projeto Biomass-Mata Atlântica, em uma área experimental localizada na Fazenda São Marcos, Linhares/ES (19°12'58.5"S; 40°03'09.6"W). O objetivo foi selecionar, manejar e caracterizar genótipos de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) com potencial na produção de frutos e produtos bioativos para agregação de valor na agricultura familiar. Populações heterogêneas de aroeira cultivadas em 2 áreas experimentais foram avaliadas. Na área 1 (espodossolo) avaliou-se o estresse abiótico e na área 2 (argissolo), o manejo com seis tipos de adubações e dois processos de poda (Poda de ramos-PR e poda drástica-PD), determinando-se o desenvolvimento (diâmetro a altura do colo-DAC, altura e área de copa), rebrota pós-poda, fenologia reprodutiva (biologia floral), produção e qualidade de frutos referente ao perfil químico de frutos e folhas. O perfil químico dos frutos foi realizado por análises de cromatografia de camada delgada (CCD) e por Espectrometria de massas e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS). Um total de 100 genótipos foram selecionados. Das plantas selecionadas doze foram consideradas elites em relação à característica de produção, sendo cinco consideradas excelentes por alcançarem média de produção 30% acima das médias obtidas em 2014 e 2015. Fatores climáticos (excesso de água em 2013 e déficit hídrico em 2014 e 2015) e a variabilidade genética da espécie foram determinantes nas características analisadas. Apenas um genótipo foi resistente ao estresse hídrico e outros 99, na área 2 e em comunidades rurais, foram superiores para as variáveis avaliadas. Entre as 882 plantas da área 2, levantou-se em 2014, 2015 e 2016, que a metade era formada por plantas com flores estaminadas (masculinas), outra metade por plantas com flores pistiladas (femininas) e apenas duas com flores hermafroditas. Os genótipos selecionados estão sendo clonados para enriquecimento do Banco Ativo de Germoplasma de Aroeira, na Fazenda Experimental do Incaper em Jucuruaba, município de Viana-ES. A aroeira respondeu bem à adubação em termos de desenvolvimento das plantas, de acordo com as variáveis dendrométricas e crescimento de ramos seis meses após a poda. A adubação teve influência na produção, em 2014, com diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$), com maior produção no tratamento dois (NPK). No ano de 2015, não houve diferença significativa entre os tratamentos de adubação. A poda de ramos foi uma estratégia de manejo que deve ser recomendada como prática para os produtores de aroeira. Os estudos de fitoquímica mostraram presença constante de sesquiterpenos (maior nos frutos), cardanóis e triterpenos (maior nas folhas). Considerando estes grupos químicos nas amostras vegetais dos tratamentos de adubação, verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Selecionar exemplares de alta produtividade é o passo inicial para disponibilizar material genético de qualidade certificada para produtores rurais.

Palavras-chave: Aroeira, *Schinus*, Manejo, Fitoquímica.

ABSTRACT

The research was developed in the northern region of the Espírito Santo State with the support of Biomes-Atlantic Forest Project, under field conditions, in an experimental area located at Fazenda São Marcos Linhares-ES (19 ° 12'58.5 "S, 40 ° 03'09.6 " W). The objective was to select, fertilizer and pruning management and characterize genotypes of aroeira (*Schinus terebinthifolius*) with potential in the production of fruits and bioactive products for value addition in family farming. Heterogeneous populations of aroeira grown in two experimental areas were evaluated. In area 1 (spodosoil) was evaluated the stress abiotic and in area 2 (argisoil), the management with six types of fertilizers and two pruning methods (pruning branches-PR and pruning drastic-PD), determining the development (diameter at the base of stem-DAC, plant height and crown area), post-pruning branch growth, reproductive phenology (floral biology), yield and, fruit quality regarding the chemical profile of fruit and leaves. The chemical profile of the fruits was carried out by thin layer chromatography analysis (TLC) and, Mass Spectrometry and Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS). A total of 100 genotypes were selected. In the plants selected twelve were considered elite in the fruit yield, and five were considered excellent for achieving average production 30% above the plant production average obtained in 2014 and 2015. Climatic factors (excess of water in 2013 and severe drought in 2014 and 2015) and the genetic variability of the species were associated in the analyzed characteristics. Only one genotype was resistant to water stress. Among the 882 plants evaluated in the area 2, in 2014, 2015 and 2016, near half consisted of plants with male flowers (staminate), the other half by plants with female flowers, and only two plants with hermaphrodite flowers. The selected genotypes are being cloned to enrich the Active Germplasm Bank of Aroeira, at the Incaper Experimental Farm of Jucuruaba, in the municipality of Viana-ES. According to dendrometric variables and branch growth, the aroeira responded well to fertilization in terms of development of plants, six months after pruning. The fertilization influenced the fruit production in 2014, with a statistic significant difference ($P < 0.05$), and with higher production in the treatment two (NPK). In 2015, there was no significant difference between the fertilization treatments. Pruning of branches was a strategy that should be recommended as practice for producers of aroeira. Phytochemical studies showed constant presence of sesquiterpenes (higher in fruits), cardanoids and triterpenes (higher in leaves). Considering these chemical groups, samples from different treatments of fertilizers were not statistically different ($P < 0.05$). The plant selection with high production is the initial step to provide genetic material of certified quality for farmers.

Keywords: Aroeira, *Schinus*, Management, Phytochemistry.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Características químicas e granulométricas do solo espodossolo humilúvico órtico dúrico a moderado na área experimental, em Linhares-ES.	48
Tabela 2 -	Características físico-hídricas do solo, antes da instalação do experimento de aroeira na área do Projeto Biomas em Linhares-ES	49
Tabela 3 -	Análise química do solo nas camadas de 0,0-20 e 20-40cm de profundidade, na área1 do experimento com aroeira do Projeto Biomas em Linhares-ES.	50
Tabela 4 -	Número de plantas de aroeira avaliadas e suas respectivas notas atribuídas em condições edafoclimáticas restritivas em relação a condições de hipóxia (2014) e de déficit hídrico (2015 e 2016) em um espodossolo, no município de Linhares-ES.	55
Tabela 5 -	Genótipos de plantas elites selecionados em relação à produção centralizada e tardia.	61
Tabela 6 -	Análise química do solo nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade, na Área 2 do experimento com aroeira do Projeto Biomas em Linhares-ES.	94
Tabela 7 -	Influência da adubação no desenvolvimento de plantas de aroeira que não haviam recebido poda, em relação às variáveis dendrométricas, em Linhares-ES nos anos de 2014 e 2015.	100
Tabela 8 -	Parâmetros de dendrometria das aroeiras no Projeto Biomas, comparando os tratamentos de poda (SP=Sem poda, PR=Poda de Ramo e PD=Poda Drástica), para o ano de 2016.	104
Tabela 9 -	Resultados das características físico-químicas das amostras de tintura obtida de frutos de aroeira das plantas marcadas em diferentes tratamentos de adubação..	108

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Vista aérea das áreas experimentais do Projeto Biomass/Mata Atlântica em Linhares – ES, com a identificação das duas áreas de aroeira: Área 1 Experimental de Aroeira: 19°13'12.55"S e 40°03'07.70"W; Área 2 Experimental de Aroeira: 19°12'59.92"S e 40°03'03.08"W. Fonte: Projeto Biomass/Mata Atlântica, 2014. **38**
- Figura 2-** A - Perfil de solo da Área experimental da seleção das plantas de aroeira em um solo Espodossolo Humilúvico Órtico Dúrico a moderado, textura arenosa, relevo plano. Fragipânico / Impermeável em subsuperfície. B – Paisagem da área experimental de aroeira após excesso de chuvas de Dez/2013, ilustrando alagamento das covas onde as mudas foram plantadas. C – Aspecto fenotípico das plantas que não resistiram ao estresse hídrico. Fonte: Figura A, Curcio, G.R.-Embrapa Florestas, 2012. **47**
- Figura 3-** Climograma do histórico mensal, nos anos de 2013 a 2015, com a distribuição das médias da temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média (°C) e da precipitação (mm), na área experimental de avaliação da população de aroeiras, em Linhares – ES. LAT: 19°13'12.55"S; LON: 40°03'07.70"W. **53**
- Figura 4-** Extratos do balanço hídrico mensal, considerando CAD= 100mm, no período de 2013 a 2015, na área experimental de avaliação da população de aroeiras no Projeto Biomass Mata Atlântica, em Linhares-ES. LAT: 19°13'12.55"S; LON: 40°03'07.70"W. **53**
- Figura 5-** Representação fenotípica das plantas de aroeira sob condições de estresse hídrico nas notas a elas atribuídas na área experimental 1, município de Linhares-ES. Escala de notas: 1- Ótima (Padrão Máximo); 3- Muito boa; 5- Regular/Intermediária; 7- Ruim; 9- Morta. **55**
- Figura 6-** Frequência absoluta de plantas de aroeira cultivadas em condições de estresse hídrico no período de 2014 a 2016 (hipoxia em 2014 e déficit hídrico em 2015 e 2016), em um espodossolo, no município de Linhares-ES. **57**
- Figura 7-** Severidade do estresse em plantas de aroeira cultivadas em condições de estresse hídrico no período de 2014 a 2016 (hipoxia em 2014 e déficit hídrico em 2015 e 2016), calculada pelo índice de McKinney, em um espodossolo, no município de Linhares-ES. **57**

- Figura 8-** Produção média de grãos dos genótipos selecionados em uma população de aroeiras cultivadas em uma área experimental em Linhares-ES, nos anos de 2014 e 2015. Genótipos marcados com (*) mantiveram a maior produção em 2014 e 2015. **60**
- Figura 9-** Genótipos com característica de precocidade na produção e maturação de frutos de produção (A), desuniformidade na frutificação, com a existência de floração, grãos verdes e maduros no mesmo ramo (B). Plantas com uniformidade de frutificação (C). **62**
- Figura 10-** Seleção de plantas elites para as variáveis dendrométricas de DAC(mm) e Alt (cm): critério: média acima de 30% da média de crescimento das variáveis medida na sua parcela, considerando a média dos 3 anos de monitoramento (2014, 2015 e 2016). **63**
- Figura 11-** Seleção de plantas elites para as variáveis dendrométricas de área de copa L-O e N-S (cm): critério: c média acima de 30% da média de crescimento da variável medida na sua parcela, considerando a média dos 3 anos de monitoramento (2014, 2015 e 2016). **64**
- Figura 12-** Genótipos de aroeira selecionados com a maior média nos anos de 2014 a 2016, em relação à altura das plantas (Alt), diâmetro da copa no sentido Leste – Oeste (LO) e diâmetro da copa no sentido Norte-Sul. **65**
- Figura 13-** Genótipos de aroeira selecionados com a maior média nos anos de 2014 a 2016, em relação à altura das plantas (Alt), diâmetro da copa no sentido Leste – Oeste (LO) e diâmetro da copa no sentido Norte-Sul. **65**
- Figura 14-** Seleção dos 17 genótipos que melhor responderam quanto ao desenvolvimento de novos ramos após a poda (PR-Poda de Ramo e PD-Poda Drástica), obter médias de crescimento no mínimo 30 % acima das médias das plantas de sua parcela, nos dois períodos de medição (3 e 6 meses após a poda). **66**
- Figura 15-** Representação gráfica da distribuição dos dois períodos de floração da aroeira no ano de 2015, na área experimental de Linhares-ES. **68**
- Figura 16-** (A) Ramo floral de planta pistilada (feminina - ♀), onde podemos observar a formação do fruto e as flores com presença de estaminoides. (B) Flores estaminadas (masculinas - ♂). **70**

- Figura 17-** Porcentagem de plantas com flores estaminadas, pistiladas e hermafroditas em uma população heterogênea de aroeira da área experimental do Projeto Biomass/ Mata Atlântica, município de Linhares-ES, nos anos de 2014, 2015 e 2016. **72**
- Figura 18-** Número de plantas selecionadas em uma população de aroeiras, com base nas principais variáveis de seleção: UF- Uniformidade de frutificação; HER- Plantas com flores hermafroditas; PIL- Plantas pilosas; EH- Tolerância ao estresse hídrico; FLP- Floração precoce; FU- Frutificação concentrada; FUT- Frutificação tardia; PRO- Produção; CR-PD- Crescimento dos ramos com poda drástica; CR-PR- Crescimento dos ramos com poda de ramos; DAC- Diâmetro a altura do colo; ALT- Altura da planta; CO-LO- Diâmetro da copa – Leste Oeste; CO-NS- Diâmetro da copa –Norte Sul. **75**
- Figura 19-** Planta elite de aroeira na área experimental com bom porte e boa formação de copa, matriz para clonagem. **75**
- Figura 20-** Perfil de solo da área experimental da seleção das plantas de aroeira em um solo argissolo amarelo distrocoeso típico (abrupto), textura arenosa / média, relevo plano (PA_{dx1}) a suave ondulado (PA_{dx2}). (Fonte: Curcio, G.R.- Embrapa Florestas, 2012). **93**
- Figura 21-** Escala de maturação dos frutos de aroeira (*S. terebinthifolius*) de acordo com os estádios fenológicos. Fruto verde (1); Fruto verde rosado (2); Fruto rosado (3); Fruto vermelho em “maduro-ponto de colheita” (4); Fruto vermelho intenso “passado” (5). **96**
- Figura 22-** Valores da produção de aroeira cultivada em diferentes condições de adubação nos anos de 2014 e 2015, Linhares-ES. Foi aplicado o Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. **97**
- Figura 23-** Ocorrência de plantas produtivas e improdutivas (apenas com flores estaminadas) em uma população de plantas (N=882) cultivadas em Linhares-ES. **98**
- Figura 24-** Efeito dos tratamentos de adubação no desenvolvimento de plantas de aroeira que não haviam recebido poda em relação às variáveis dendrométricas de diâmetro do caule - DAC(mm), altura (cm), diâmetro da copa Lo e NS (cm) em Linhares-ES, nos anos de 2014, 2015 e 2016. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. **101**
- Figura 25-** Tratamentos com poda de ramos- PR (esquerda) e poda drástica-PD (direita) e plantas de aroeira da área experimental 2, após 3 meses de poda. **102**

- Figura 26-** Efeito dos sistemas de poda no desenvolvimento de plantas de aroeira em relação à variável dendrométrica Diâmetro do caule – DAC (mm), em Linhares-ES no ano de 2016. **103**
- Figura 27-** Efeito dos sistemas de poda no desenvolvimento de plantas de aroeira em relação à variáveis dendrométricas de Altura(cm), Diâmetro de copa LO e NS (cm), em Linhares-ES no ano de 2016. **103**
- Figura 28-** Crescimento dos ramos de plantas submetidas à poda de ramos (PR) e poda drástica (PD), ao final de 3 e 6 meses em diferentes condições de manejos de adubação. **105**
- Figura 29-** Vista aérea do experimento de aroeira com adubação e poda na área experimental 2. Resultado da nutrição das plantas: desenvolvimento vegetativo das plantas sob efeito dos tratamentos de adubação. Foto: Ricardo Finco – Projeto Biomass/Mata Atlântica (com Drone, em abril de 2016, Linhares-ES). **106**
- Figura 30-** Presença dos grupos químicos de sesquiterpenos, cardanóis e triterpenos em tinturas de frutos da aroeira nos tratamentos de adubação. **107**
- Figura 31-** Cromatogramas da fração hexânica (A e B) e da fração diclorometânica (C e D), em Cromatografia GC-MS, do tratamento sem adubação (STB1T1P2), das amostras de frutos (A e C) e folhas (B e D). **109**
- Figura 32-** Cromatogramas da fração hexânica (A e B) e da fração diclorometânica (C e D), em Cromatografia GC-MS, do tratamento com adubação (STB1T5P2), das amostras de frutos (A e C) e folhas (B e D). **110**
- Figura 33-** Ampliação do espectro da amostra do Tratamento T5 (T5B2P1), mostrando a produção dos triterpenóides ácidos (453, 469 e 485) e a presença de ácidos graxos, como o palmítico (255.23308), oléico (281.24879), esteárico (283.26447) e ricinoléico (297.24372), o que mostra a via biossintética acetato/mevalonato ativada. **112**
- Figura 34-** Representação química da metilação do ácido gálico e esterificação que poderá ocorrer na aroeira. **113**
- Figura 35-** Perfis em placas cromatográficas em CCD dos óleos essenciais nas duas repetições (1 e 2) dos Tratamentos T1 a T6, no bloco B1. Destaque para B1T4P1 e B1T2P2, mostrando na parte superior da placa, concentrações dos componentes abaixo do limite de detecção. Fase móvel com acetato de etila: tolueno (93:7). Revelador: Vanilina sulfúrica. **113**

- Figura 36-** Perfis em placas comatográficas em CCD dos óleos essenciais nas duas repetições (1 e 2) de amostras das tinturas-mãe originárias das plantas dos seis tratamentos de adubação no bloco B2. As amostras B2T1P1, B2T2P1, B2T1P2 e B2T2P2, apresentaram perfis cromatográficos diferentes embora sejam de plantas sob as mesmas condições de cultivo, no mesmo tratamento e bloco. Fase móvel com acetato de etila: tolueno (93:7). Revelador: Vanilina sulfúrica. **114**
- Figura 37-** Perfis em placas comatográficas em CCD dos óleos essenciais nas duas repetições (1 e 2) de amostras das tinturas-mãe originárias das plantas dos seis tratamentos de adubação no bloco B3, observando-se semelhança do perfil entre os tratamentos, com exceção do tratamento T1. **115**
- Figura 38-** Perfis em placas comatográficas em CCD de flavonoides de amostras das tinturas-mãe originárias das plantas dos seis tratamentos de adubação no bloco B1 (A), bloco B2 (B) e bloco B3 (C), observando-se semelhança do perfil entre os tratamentos. Como eluente foi usado acetato de etila: ácido fórmico: ácido acético e água (100:11:11:26) e revelador NP/PEG. Hiperosídeo (Hy). **116**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA AROEIRA (<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi)	21
2.2 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E FENOTÍPICAS DA PLANTA	22
2.3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECOFISIOLÓGICAS DA ESPÉCIE	25
2.4 CULTIVO E MANEJO DA PLANTA	26
2.5 PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS	27
2.6 FITOQUÍMICA E USO INDUSTRIAL DA AROEIRA	28
3 OBJETIVOS	30
3.1 OBJETIVO GERAL	30
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
4 CAPÍTULO 1. SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE AROEIRA TOLERANTES AO ESTRESSE HÍDRICO E COM POTENCIAL DE PRODUÇÃO	31
4.1 INTRODUÇÃO	32
4. 2 OBJETIVOS	37
4. 3 MATERIAL E MÉTODOS	38
4.3.1 Seleção de genótipos de aroeira tolerantes aos estresses hídricos	38
4.3.2 Seleção de genótipos de plantas elites com potencial econômico	41
4.3.2.1 Potencial de produção	42
4.3.2.2 Características dendrométricas fenotípicas	42
4.3.2.3 Crescimento das plantas em função da poda	43

4.3.2.4	Biologia floral e arquitetura das plantas	43
4.3.2.5	Pilosidade das plantas	45
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.4.1	Seleção de genótipos de aroeira tolerantes aos estresses hídricos	46
4.4.2	Seleção de genótipos de plantas elites com potencial econômico	59
4.4.2.1	Potencial de produção	59
4.4.2.2	Características dendrométricas fenotípicas	62
4.4.2.3	Crescimento das plantas em função da poda	66
4.4.2.4	Biologia floral e arquitetura das plantas	67
4.4.2.5	Pilosidade das plantas	74
4.5	CONCLUSÕES	76
4.6	REFERÊNCIAS	77
5	CAPÍTULO 2. ESTRATÉGIAS DE MANEJO COM ADUBAÇÃO E PODA NA PRODUÇÃO COMERCIAL DE AROEIRA	80
5.1	INTRODUÇÃO	81
5.2	OBJETIVOS	84
5.3	MATERIAL E MÉTODOS	85
5.3.1	Manejo com adubação na produção da aroeira	85
5.3.2	Manejo com poda na produção da aroeira	87
5.3.3	Efeito da Adubação no perfil químico da aroeira	89

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
5.4.1 Manejo com adubação na produção da aroeira	93
5.4.2 Manejo com poda na produção da aroeira	102
5.4.3 Efeito da Adubação no perfil químico da aroeira	107
5.5 CONCLUSÕES	118
5.6 REFERÊNCIAS	119
5.7 CONCLUSÕES GERAIS	121
5.8 REFERÊNCIAS	122
5.9 APÊNDICES	127
APÊNDICE – A Organização e distribuição dos tratamentos da pesquisa na área experimental.	127
APÊNDICE – B Ilustração das feições fenológicas dos ramos produtivos de plantas de aroeira de acordo com a escala de maturação dos frutos de aroeira (<i>S. terebinthifolius</i>) de acordo com os estádios fenológicos. Fruto verde (1); Fruto verde rosado (2); Fruto rosado (3); Fruto vermelho em “maduro-ponto de colheita” (4); Fruto vinho Passado (5). Fruto seco (6).	129
APÊNDICE – C Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-1).	130
APÊNDICE – D Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-2).	131
APÊNDICE – E Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-3).	132
APÊNDICE – F Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-4).	133

APÊNDICE – G Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-5).	134
APÊNDICE – H Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-6).	135
APÊNDICE – I Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-1).	136
APÊNDICE – J Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-2).	137
APÊNDICE – K Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-3).	138
APÊNDICE – L Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-4).	139
APÊNDICE – M Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-5).	140
APÊNDICE – N Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-6).	141

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior biodiversidade de plantas do mundo, contando com um número estimado de mais de 20% do total de espécies do planeta. O país possui a mais diversa flora, número superior a 55 mil espécies descritas, o que corresponde a 22% do total mundial. Esta rica biodiversidade é acompanhada por uma longa aceitação de uso de plantas medicinais e conhecimento tradicional associado (BRASIL, 2006; RODRIGUES, 2006, apud CARVALHO et al. 2007). A flora capixaba vem sendo foco de interesse econômico, sendo riquíssima em exemplares que são utilizados pela população como plantas medicinais. Acrescenta-se a isso, o incremento e incentivo recebido de diferentes instituições.

O Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (BANDES) vem apoiando produtores rurais no Norte do Estado, com exploração voltada ao processo produtivo pioneiro de 145ha de aroeira, com o objetivo de produção da pimenta rosa e fornecer biomassa para a indústria de óleos bruto e essencial de alto valor no mercado.

A pimenta rosa ou aroeira produzida pela *Schinus terebinthifolius* Raddi, é um produto brasileiro de exportação principalmente para a indústria alimentícia, em virtude de suas características condimentares, mas também na procura por substâncias quimiopreventivas, como flavonóides e outros compostos fenólicos, justifica sua utilização como alimento, agregando valor ao produto agrícola.

Há uma forte demanda para orientar os produtores rurais e comunidades no cultivo e manejo da espécie de forma sustentável, pois na maioria dos casos, o que se observa são comunidades extrativistas, as quais necessitam utilizar métodos adequados de coleta e observar as recomendações do manual de boas práticas da agricultura.

Condições temporárias de encharcamento são de ampla distribuição nas mais variadas partes do mundo, devido, entre outros fatores, irregularidades na distribuição da precipitação pluvial, mau controle da água, drenagem ineficiente, preparo inadequado do solo, que podem gerar uma condição de anaerobiose que, mesmo por poucos períodos de tempo, podem acarretar conseqüências danosas às plantas (ALMEIDA; 1987 apud QUEIROZ, 2005).

O principal produto obtido pelo cultivo da aroeira-vermelha são seus frutos. Estes, após o processo de industrialização, são conhecidos como pimenta-rosa e usados no

mercado interno e externo como condimento “gourmet”. O óleo obtido de sua polpa apresenta bom potencial, principalmente para o mercado de cosméticos. Porém, o protocolo industrial de extração deste óleo necessita de aprimoramento para atingir as exigências de pureza do mercado internacional (NEVES, et al., 2016).

Para a produção sustentável, é necessária a visão multidisciplinar de áreas como agronomia, biologia, química, farmácia, medicina, microbiologia, biotecnologia, entre outras, o que deverá fazer a caracterização multifuncional da planta e do óleo obtido de seus frutos, com a agregação de valor à matéria-prima vegetal, tornando-a uma nova fonte alternativa competitiva, além de viabilizar novas fontes de renda para os agricultores capixabas e dar o suporte necessário aos técnicos de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) e dos programas de financiamento para produtores rurais.

A identificação e caracterização de plantas matrizes mais produtivas, possibilitando o registro de novas cultivares, a identificação de novas substâncias e/ou frações ativas dos vegetais estudados com atividades antifúngicas, antibacterianas, acaricida e inseticida agregam valor a matéria-prima vegetal, contribuem para melhores preços no mercado nacional e internacional e para o crescimento das indústrias químicas e de produtos naturais capixabas. O desenvolvimento de novos produtos bioativos estimula também a manutenção e incremento do banco de germoplasma da espécie trabalhada de aroeira para futuras disponibilizações de material genético propagativo de qualidade validada. Portanto, os diversos usos da planta, seja para condimento, ou para exploração de subprodutos, tais como óleos, na medicina, indústrias alimentícias, de cosméticos, de produtos naturais, veterinários e até madeira, tende a potencializar a cultura no Estado.

Considerando a carência de estudos para cultivo e manejo sustentáveis da espécie, o aumento da demanda do produto (pimenta rosa) e a necessidade de se firmar parcerias interdisciplinares nas pesquisas, a fim de promover a domesticação da espécie, com recomendações técnicas e agregação de valor à cultura, foram coletados dados de aroeira em diferentes ambientes edafoclimáticos no estado do Espírito Santo, objetivando-se: 1) Selecionar e avaliar o comportamento de genótipos submetidos ao estresse abiótico, em especial ao estresse hídrico e de seca; 2) Obter informações sobre fenologia vegetativa e reprodutiva de genótipos em diferentes

sistemas de manejo; 3) Avaliar o desenvolvimento e produção das plantas; 4) Avaliar e determinar a qualidade dos frutos e proceder análise fitoquímica de folhas e frutos de genótipos selecionados e submetidos a diferentes tratamentos de manejo agrônômico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA AROEIRA (*Schinus terebinthifolius* Raddi)

De acordo com Cesário e Gaglianone (2008), a exploração da aroeira na restinga de Grussaí/Iquipari no município de São João da Barra (RJ) (21°44'S; 41°02'W), para extração dos frutos, principalmente em regiões mais acessível à população, se tornou uma fonte de renda importante para os moradores, em períodos de menor atividade pesqueira. Devido a esta crescente exploração, estudos sobre esta espécie são importantes, já que não se conhecem todos os seus polinizadores nem o potencial de produção de frutos da área.

O fruto da aroeira possui uma grande importância econômica devido às propriedades medicinais atribuídas ao seu óleo essencial, além disso, o mesmo também é utilizado como uma espécie de condimento alimentar em diversos pratos da culinária francesa onde é conhecido como *poivre rose* ou pimenta rosa devido ao seu sabor suave, adocicado e levemente picante e sua coloração rosa avermelhada (CARVALHO *et al.*, 2003; LENZI; ORTH, 2004). O óleo essencial do fruto de aroeira possui propriedades antibacteriana e antifúngica sendo bastante utilizado em diversos países na produção de fitoterápicos. A identificação de classes de substâncias, que possuem atividades biológicas devidamente comprovadas por estudos científicos é importante para agregar maior valor econômico ao fruto e validar o seu uso etnomedicinal (OLIVEIRA, 2012).

A aroeira é uma espécie de valor apícola para a produção de mel de qualidade e pólen. Com período de floração prolongado, estendendo-se desde outubro até abril (REITZ *et al.*, 1983). De acordo com Carvalho (1987), citado por Baggio (1988) a aroeira floresce a partir de três meses de idade, podendo proporcionar receitas precoces ao apicultor.

Entre os usos descritos para a espécie, Baggio (1988) ressaltou os seguintes: para madeira e energia; forragem para abelhas e cabras; cercas vivas; ornamentação; medicinal; arborização de pastos; além de ser atrativa para avifauna e para recuperação de áreas degradadas.

A madeira da aroeira é resistente, podendo ser utilizada como esteios e mourões, devido à sua durabilidade prolongada (REITZ *et al.*, 1978; SANCHOTENE, 1985).

As aroeiras podem também ser utilizadas como cercas vivas. Segundo o pesquisador, a utilização de palanques vivos (árvores) para fixação de arame é pouco comum no Brasil, ao contrário de muitos países, especialmente dos trópicos. No meio rural, encontram-se árvores antigas que se estendem a partir de estacas enterradas como moirões. A aroeira é uma espécie muito utilizada para esse fim, devido à sua longa durabilidade no solo. Também constatou-se que nem todas essas estacas lenhosas enraizam, evidenciando a necessidade de estudos para este tipo de propagação. Este mesmo autor cita ainda o uso da aroeira para paisagismo, ornamentação, principalmente em praças e parques municipais e para a arborização de pastos, ressaltando as vantagens de ser perenifólia e de se adaptar a condições adversas (rusticidade), apresentando bom pegamento. Portanto, o autor sugere que a aroeira (*S. terebinthifolius*), apesar de ser conhecida no meio rural, não é ainda utilizada em sistemas integrados de produção, principalmente pelos pequenos e médios produtores. Esta essência florestal possui atributos importantes para usos múltiplos como os de muitas outras espécies conhecidas mundialmente.

2.2 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E FENOTÍPICAS DA PLANTA

As características botânicas, fenológicas, fitossociológicas de *S. terebinthifolius* são estudadas desde 1889, quando as exsicatas de aroeira começaram a ser registradas (PECKOLT, 1939). Em revisão da espécie *Schinus terebinthifolius*, foram reconhecidas quatro variedades, distintas pela pubescência dos ramos e folhas, pelo número de folíolos e ápice dos mesmos (BARKLEY, 1957). Alguns autores acreditam, no entanto, que todas as variedades propostas para a espécie devem representar diferentes pontos de uma variação intra-específica contínua para os caracteres de folha e indumento, questionando essa divisão (BAGGIO, 1988).

A espécie *S. terebinthifolius* tem plantas arbóreas, com 5-15 m de altura, de copa larga, tronco tortuoso com 30 a 60 cm de diâmetro, o qual possui casca grossa fissurada, mas é frequentemente menor em encostas e solos mais pobres. Sua madeira é resistente. As folhas são compostas imparipinadas, fortemente aromáticas, têm 3 a 11 pares de folíolos elípticos-oblongos de margens dentadas nervuras claras, os quais medem de 1 a 12 cm de comprimento e 1 a 5 cm de largura, e possuem superfícies superiores verde-escuras e inferiores verdes claras; as folhas têm como detalhes principais, a raque e o pecíolo alados típicos.

O gênero *Schinus* foi considerado por Judd et al.(2008) em um grupo monofilético que possui cerca de 30 espécies e pode ser distinguido dos demais por apresentar caracteres como: receptáculo floral não hipantóide, geralmente com disco carnosos, aneliforme ou cupuliforme. As folhas deste gênero são compostas imparipinadas com folíolos de disposição oposta, sem estípulas ou com estas decíduas, as flores pequenas brancas ou amarelo-esverdeadas de simetria radial, diclamídeas, pentâmeras com pétalas livres; cinco estames, apenas um estame fértil e os demais modificados em estaminódios; com corola imbricada, anteras dorsiventrais e ovário súpero com um lóculo coroado por três estiletos de base conivente e com um óvulo apical. Fruto do tipo drupa globosa.

De acordo com Gilbert e Favoreto (2011) algumas sinonímias botânicas são encontradas para *S. terebinthifolius* tais como *Schinus terebinthifolia* var. *raddiana* Engl., *Schinus terebinthifolia* var. *damaziana* Beauverd, *Schinus macronulata* Mart., *Schinus mellisii* Engl. Estes autores também citam variedades e espécies correlatas, como a *Schinus molle* L., que partilha com *S. terebinthifolius* alguns dos nomes vulgares desta, e *Schinus lenticifolius* Marchand, ocorrem na região Sul do país e, no caso de *S. molle*, nos países andinos, também conhecida por aroeira-periquita (CARVALHO, 1994). Esta espécie possui frutos semelhantes aos de *S. terebinthifolius*. As aplicações medicinais das três espécies são semelhantes e *S. molle* é também usada em alimentos como uma variedade de pimenta-do-reino. A morfologia das folhas permite a distinção entre as duas espécies (LORENZI; MATOS, 2008).

S. terebinthifolius é uma espécie nativa de ocorrência no Brasil com ampla distribuição e de fácil adaptação a diversos ambientes edafoclimáticos. Sua morfologia varia conforme o ambiente, sendo desde arbustos rastejantes a árvores. Pode ser dióica ou monóica. Possui flores pequenas, unissexuais, pentâmeras, do tipo panícula, com pétalas brancas; folhas compostas, imparipinadas, geralmente com raques alado; fruto do tipo drupa, esférico-avermelhado. Seu pólen é do tipo tricolporado, radiosimétrico isopolar, com ornamentação finamente reticulada, medindo cerca de 20 µm de diâmetro no eixo polar (LORENZI, 1998) a planta se adapta bem a diversos tipos de solo.

Com relação às características botânicas, fenológicas, fitossociológicas, *S. terebinthifolius* pertence à família Anacardiaceae, das fruteiras como manga, caju e cajá-mirim (MABBERLEY, 1997; LORENZI, 2002), que ocorrem na Mata Atlântica, especialmente no litoral, nas restingas. Suas folhas são compostas imparipinadas, fortemente aromáticas. A árvore de aroeira vai de 5 a 10m de altura, com fuste curto e tortuoso e de madeira resistente. Os frutos são drupas globosas, vermelho-brilhante quando maduras, muito apreciado pela avifauna e utilizados como condimento. As flores são pequenas e de cor esbranquiçada, com época de antese entre setembro a janeiro e frutificação entre janeiro a julho (LORENZI, 1998). A planta é considerada dióica, ou seja, com flores exclusivamente estaminadas (machos - ♂) ou pistiladas (fêmeas - ♀) e hermafroditas (♂♀) pouco frequentes. A planta floresce a partir de três meses de idade, conferindo seu valor apícola precocemente.

A dioícia é um sistema sexual observado em 6% das espécies de Angiospermas (RENNER; RICKFLES, 1995 apud CESÁRIO; GAGLIANONE, 2008), e caracterizado pela separação completa das funções sexuais em indivíduos produtores de flores exclusivamente estaminadas ou pistiladas (TANURDZIC; BANKS, 2004 apud CESÁRIO; GAGLIANONE, 2008). Como consequência desta separação sexual, flores estaminadas (masculinas) e pistiladas (femininas) apresentam características sexuais secundárias, como diferenças de tamanho e atratividade, consideradas como estratégias adaptativas para possibilitar o fluxo direcional de pólen a estigmas coespecíficos (GRANT, 1995 apud CESÁRIO; GAGLIANONE, 2008).

A semelhança entre flores masculinas e femininas, aliada à sincronia de floração entre os sexos, parece contribuir para seu sucesso reprodutivo, através da atração de visitantes florais a plantas masculinas e femininas. A ocorrência de indivíduos hermafroditas em populações desta espécie, evidenciada neste trabalho, já havia sido sugerida por Ewel *et al.* (1982), na Flórida. Este parece ser um fenômeno pouco frequente, não tendo sido citado por outros autores que estudaram a espécie em locais distintos no Brasil (LENZI; ORTH, 2004a b).

Para a aroeira é relatado na literatura a xenogamia, caracterizada pela polinização das flores femininas com pólen de flores masculinas de outras plantas da mesma espécie. No entanto, tem-se observado que em áreas cultivadas comercialmente com aroeiras clonadas, sem a presença de plantas com flores masculinas, a produção de

frutos é bastante elevada o que coloca em discussão o processo da polinização dessas plantas.

Os frutos de *S. terebinthifolius* desenvolvem-se normalmente entre janeiro a julho, são pequenos, do tipo drupa, globóide com cerca de 5 mm de diâmetro, aromático, adocicado, brilhante, de cor vermelha quando maduros e reunidos em cachos pendentes. Têm exocarpo friável composto de duas camadas lignificadas: a epiderme e a hipoderme. Quando maduros apresentam polpa avermelhada e comestível, tornando a aroeira muito procurada e preferida pela avifauna (LORENZI, 2002ab; SCALON et al., 2006).

Considerando que o período reprodutivo é uma fase importante para a dinâmica populacional, a identificação de padrões fenológicos de floração e frutificação é importante também como subsídio para planos de manejo e conservação de espécies vegetais (CESÁRIO; GAGLIANONE, 2008).

Estudos realizados em áreas naturais com plantas de aroeira demonstram a grande variabilidade genética e fenotípica da espécie. A necessidade de seleção de genótipos para “domesticação” da espécie é eminente, de forma a contribuir para evitar plantios com matrizes de características indesejáveis para o plantio comercial na agricultura, tais como a maturação dos frutos de forma desuniforme, o que dificulta a colheita e aumenta o custo de produção. A migração do extrativismo predatório para métodos sustentáveis de plantio e manejo é recomendável, a fim de se atender às demandas crescentes de mercado em diversos países que englobam desde o fornecimento de matéria prima para indústrias de medicamentos, cosméticos, perfumarias e alimentos, ao de medicinal/fitoterápicos, em especial devido à presença nos órgãos vegetais de substâncias quimiopreventivas, como flavonóides e outros compostos fenólicos, seu óleo essencial com propriedades antibacteriana e antifúngica até o fornecimento de material genético propagativo com qualidades agrônômicas certificadas, carência expressiva atual.

2.3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECOFISIOLÓGICAS DA ESPÉCIE

A aroeira é comum em áreas que se encontram nos estágios de capoeirinha, capoeira, capoeirão e nas florestas secundárias. É uma espécie abundante na orla e borda de pinheirais, beira de rios, córregos e nas formações praias com moitas; com

Clusia e nas de mata de restinga (REITZ et al., 1983; ASSUMPÇÃO; NASCIMENTO, 2000; CARVALHO, 2003).

Como fator negativo, a sua alta capacidade reprodutiva torna-a agressiva na invasão de áreas onde a sua presença não é desejável. Recomenda-se, portanto, cautela no planejamento e manejo dos seus plantios, principalmente fora de sua região de origem. Embora, no Brasil, não se caracterize como tal, ocorrendo em proporções equilibradas na flora nativa, a aroeira introduzida na Flórida tornou-se invasora (SANCHOTENE, 1985 apud BAGGIO, 1988). Outras qualidades indesejáveis são suas propriedades alergênicas para pessoas sensíveis, ocasionando lesões e edemas. Ela é tida como tóxica também para o gado bovino (CORREA, 1926). A aroeira é, também, resistente ao fogo, como foi constatado na região do cerrado, em exemplares que já resistiram a vários incêndios. Devido à sua capacidade de rebrota, a espécie pode ser utilizada em barreiras contra incêndios, desde que seja manejada em forma arbustiva (BAGGIO, 1988).

2.4 CULTIVO E MANEJO DA PLANTA

Levando em consideração recomendações técnicas, em especial do “Manual de identificação e plantio de mudas de espécies florestais da Mata Atlântica – RJ” (Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro), para o preparo do terreno e plantio da planta de aroeira, *S. terebithifolius* é necessário realizar os seguintes processos:

Roçada: Deve ser feita de forma manual ou mecânica, em área com predomínio de gramíneas, aparando-se parte aérea a uma altura máxima de 10 cm.

Marcação: As covas de plantio são marcadas de acordo com o espaçamento adotado (p.ex. 2 x 2 m), em curvas-de-nível. Podem ser utilizadas estacas ou marcas feitas diretamente no terreno com o uso de enxadão.

Capina em faixas: As gramíneas deverão ser capinadas em faixas de cerca de 0,80 m de largura nas faixas de plantio. O processo é realizado com enxadas, removendo-se inclusive as raízes.

Coveamento: As covas de plantio são abertas manualmente, com o uso de enxadão ou chibanca, tendo no mínimo 0,40 x 0,40 x 0,40 m.

Adubação: Poderão ser utilizados compostos orgânicos ou esterco de curral curtido, misturado ao material terroso proveniente da escavação da cova, à base de cerca de 10 litros por cova, enriquecido com fosfato natural à base de 100 g por cova.

Plantio: Após a remoção da embalagem (saco plástico ou tubete), a muda é introduzida manualmente no centro da cova de plantio na posição vertical. O plantio deverá ser feito em dias chuvosos, preferencialmente após um período mínimo de 3 dias de chuva. A época ideal de plantio é o verão em virtude do maior volume de chuvas esperado nesta estação.

Irrigação: A irrigação favorece enormemente o desenvolvimento das mudas, sendo recomendável irrigar em dias alternados com 2 litros de água por muda, durante pelo menos os primeiros 30 dias após o plantio. Após esse prazo, ainda que seja suspensa a irrigação, as plantas terão condições de se estabelecer. Recomenda-se a utilização, sempre que possível, de água da chuva ou de reuso.

A muda de aroeira deve apresentar excelente vigor, estando livre de pragas ou doenças, com altura entre 0,30 e 0,80 m.

A planta de *S.terebithifolius* compreende-se à espécie pioneira cuja germinação e desenvolvimento se dão a pleno sol, com rápido crescimento. Em geral, o ciclo de vida é mais curto, em torno de 20 anos; a produção de sementes é abundante e a dispersão de seus propágulos – geralmente pequenos – se dá através de agentes dispersores como animais, morcegos e pássaros, além do vento.

A propagação dá-se por sementes e, certamente, por estaquia a partir de segmentos da raiz e do caule. O crescimento é relativamente rápido, podendo atingir 1,0 m de altura no primeiro ano (SANCHOTENE, 1985)

2.5 PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS

O fruto da aroeira é rico em um óleo essencial. A composição do óleo, assim como, a concentração de monoterpenos e sesquiterpenos presentes no mesmo podem variar de acordo com fatores ambientais (exposição ao sol, disponibilidade hídrica, tipo de solo onde a planta é cultivada, entre outros). O método de cultivo e o processo de extração também podem influir na composição e concentração do óleo essencial da aroeira (KWEKA et al., 2011).

Uma alternativa para reduzir a exploração das florestas naturais; renovar a vegetação nativa; recuperar as áreas degradadas; estabelecer bancos de germoplasma; criar programas de melhoramento de plantas; e plantios para a exploração econômica de frutos, madeira e produtos medicinais, é aumentar a oferta de sementes e mudas florestais com qualidade adequada (LUZ, 2013). A comercialização de sementes e mudas não clonais de qualidade testada se fazem importantes também para atender projetos de reflorestamento, de enriquecimento de matas e recuperação e restauração de áreas de preservação permanente- APP e reserva Legal – RL.

2.6 FITOQUÍMICA E USO INDUSTRIAL DA AROEIRA

Das cascas das sementes das aroeiras, da pimenta-rosa em especial, extrai-se um óleo muito utilizado na medicina popular e reputado como eficiente no tratamento de febres, tumores, doenças da córnea e das vias respiratórias e urinárias. Aparentemente, todas as partes dessa árvore tropical – folhas, cascas, frutos, sementes, resina e óleo resínico ou bálsamo – foram utilizadas medicinalmente pelas tribos indígenas ao longo dos trópicos (CLEMENTE, 2006).

Em análise fitoquímica realizada por Lima e colaboradores (2006) no extrato etanólico obtido da entrecasca da espécie, foram identificados fenóis, triterpenos pentacíclicos e antraquinonas; em extração com hexano utilizando a mesma parte da planta, os testes foram positivos para a presença de flavonas, flavonóides, xantonas, esteróides livres. Estudo fitoquímico da fase em acetato de etila oriunda do extrato em etanol das folhas de *S. terebinthifolius* conduziu ao isolamento de cinco compostos fenólicos: galato de etila, miricetrina, quercitrina, galato de metila e miricetina; supostamente responsáveis pela potente atividade antioxidante desta espécie (CERUKS, 2007).

Em dissertação de mestrado realizada no Núcleo de Pesquisas de Produtos Naturais da UFRJ foram isoladas e identificadas dos frutos, duas substâncias fenólicas, da classe dos biflavonóides, a agathisflavona e tetraidroamentoflavona. Tais substâncias são conhecidas por suas atividades anticancerígena, antiviral e antioxidante (OLIVEIRA, D. M., 2012). Os principais grupos de compostos com propriedades antimicrobianas extraídos de plantas incluem: terpenóides e óleos essenciais, alcalóides, lectinas e polipeptídios, e substâncias fenólicas e polifenóis, que são: fenóis simples, ácidos fenólicos, quinonas, flavonas, flavonóis e flavonóides, taninos e cumarinas (GONÇALVES et al., 2005).

O extrato etanólico a 50% obtido das folhas da aroeira apresentou significativa atividade antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*, nas concentrações de 12,6 e 63 mg/mL em método de difusão em ágar; e também nas concentrações de 50 e 100% frente a bactérias *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus subtilis* (MARTINEZ et al., 1996). Em trabalho realizado por Guerra e colaboradores (2000), o extrato a 80% das mesmas partes do vegetal foi testado pelo mesmo método frente a cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans*. Os resultados obtidos neste estudo mostram que mesmo em menor concentração (1%) a inibição do crescimento dos microrganismos foi evidente, e a resposta foi progressivamente aumentada com concentração de até 80%.

Já foram descritas na literatura diversas atividades biológicas relacionadas à *S. terebinthifolius*. Lima e colaboradores (2006) verificaram atividade antibacteriana do extrato etanólico obtido das cascas do caule da planta, sendo o mesmo ativo contra cepas de *Staphylococcus aureus* multirresistentes. O óleo essencial obtido das folhas também apresentou atividade antibacteriana contra cepas de *Staphylococcus* spp. (SILVA et al., 2010).

Johann e colaboradores descreveram atividade antifúngica contra *Paracoccidioides brasiliensis*, apresentada pelo triterpeno tetracíclico schinol isolado das folhas de *S. terebinthifolius*. O extrato bruto das folhas também já apresentou atividade contra os fungos *Cryptococcus neoformans*, *Sporothrix schenkii* e *Candida albicans* (JOHANN et al., 2010).

O óleo essencial obtido dos frutos apresentou efeito fungicida contra o fungo fitopatogênico *Botrytis* spp. e atividade larvicida contra *Stegomyia aegypti* que é uma espécie capaz de transmitir o vírus da dengue (SILVA et al., 2010; SANTOS et al., 2008). Além disso, o α -pineno, um dos principais componentes do óleo essencial dos frutos da aroeira, apresentou atividade inibitória do crescimento da forma tripomastigota do *Trypanosoma cruzi* (SARTORELLI et al, 2012).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Selecionar, manejar e caracterizar genótipos de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) com potencial na produção de frutos e produtos bioativos para agregação de valor na agricultura familiar.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Selecionar acessos de Aroeira (*S. terebinthifolius*) em áreas do Bioma Mata Atlântica e áreas de produção agrícola conforme o desempenho das plantas aos estresses hídricos em condições de campo e seu potencial produtivo;
- Avaliar a adaptação e desenvolvimento das plantas, estabelecendo critérios fenotípicos e fitoquímicos para seleção de genótipos de aroeira;
- Obter respostas quanto ao desenvolvimento e produção de plantas de Aroeira em diferentes tratamentos de adubação, em condições de campo;
- Monitorar a Fenologia Reprodutiva – Biologia Floral da aroeira (*S. terebinthifolius*);
- Avaliar a produção, bem como o manejo de adubação e poda aplicado em plantas matrizes selecionadas;
- Padronizar a qualidade físico-química dos extratos;
- Determinar o perfil fitoquímico em plantas de aroeira previamente selecionadas;
- Possibilitar fornecimento futuro de material genético selecionado e de procedência segura, para arranjos produtivos locais da agricultura familiar no ES.

4. CAPÍTULO 1.

SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE AROEIRA TOLERANTES AO ESTRESSE HÍDRICO E COM POTENCIAL DE PRODUÇÃO

RESUMO

A população de plantas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) é bastante heterogênea tanto em áreas nativas quanto em área de cultivo comercial onde as mudas plantadas são provenientes de sementes obtidas sem qualquer seleção de matrizes, o que resulta numa grande variabilidade na produção e qualidade do produto final. Com o objetivo de selecionar e caracterizar genótipos de aroeira em áreas do Bioma Mata Atlântica e áreas de produção agrícola, com potencial agrônomo e comercial na produção de frutos e agregação de valor na agricultura familiar, foi determinada a sobrevivência de plantas ao estresse hídrico (excesso e déficit), adaptação e desenvolvimento das plantas, fenologia reprodutiva e potencial de produção de frutos. De 768 plantas apenas uma única planta apresentou potencial de resistir aos estresses. Em outra população de 882 plantas cultivadas em um solo classificado como argissolo, foram avaliadas características qualitativas e quantitativas consideradas determinantes para a seleção de plantas elites potenciais, atendendo critérios estabelecidos e que foram no mínimo 30% superior à média obtida nas parcelas, tendo-se selecionado 100 genótipos. Das variáveis analisadas, na área experimental e em outras regiões do Espírito Santo, foram consideradas 14 com maior importância, das quais se destacaram a produção, uniformidade de frutos, dendrometria (diâmetro do caule ao nível do solo, altura e diâmetro das copas), a capacidade de desenvolvimento dos ramos de acordo com o sistema de poda, tipo de flores, pilosidade, períodos de floração e frutificação. Em relação à maior produção destacaram-se 12 genótipos, com destaque para os genótipos F3B1, com produção média nos dois anos de avaliação superior 3 kg/planta. O material genético selecionado foi clonado para ser incorporado ao Banco Ativo de Germoplasma de Aroeira, na Fazenda Experimental do Incaper em Jucuruaba, município de Viana – ES, para futuras pesquisas fitoquímicas e distribuição certificada para produtores rurais. Foram preparadas exsiccatas para serem incorporadas na coleção do herbário do Museu de Biologia Mello Leitão – MBML do atual Instituto Nacional da Mata Atlântica, no município de Santa Teresa – ES e no herbário da Universidade Federal do Espírito Santo, em Vitória-ES.

Palavras-chave: *Schinus terebinthifolius*; Sobrevivência; Qualidade.

4.1 INTRODUÇÃO

A aroeira (*S. terebinthifolius*) sempre foi muito utilizada para fins medicinais, a demanda por esta planta vem crescendo em escala mundial, e tem sido muito explorada, especialmente para coleta dos frutos para uso condimentar, mas assim como a grande maioria das espécies vegetais selvagens, não cultivadas, ainda são obtidas através do extrativismo. Diversos estudos foram realizados em áreas naturais com genótipos de aroeira, os quais deixam evidente a grande variabilidade genética e fenotípica da espécie. Plantas que estão sob o mesmo ambiente, com condições semelhantes de clima, solo e regime hídrico, apresentam diferentes comportamentos ecofisiológicos, em termos de produção, resistência à pragas, doenças e estresses, resultados estes das diferentes cargas genéticas que cada exemplar selvagem carrega em si. Os estudos em populações cultivadas de aroeira, com mudas provenientes de sementes, como neste caso, representam excelentes oportunidades de pesquisar toda heterogeneidade da espécie, se trabalhar a seleção e melhoramento genético, fomentar as discussões sobre cultivo e pós-colheita, ampliar o número de espécies domesticadas, com definição de técnicas de manejo recomendáveis ao agricultor, dessa espécie nativa da Mata Atlântica, contribuindo para obtenção de padrões da espécie e lançamento de variedades com características similares.

O estresse pode ser conceituado como um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, a princípio reversíveis, mas que podem se tornar permanentes (LARCHER, 2000), ou como fator externo que exerce uma influência desvantajosa para a planta (TAIZ; ZEIGER, 2004). No caso do estresse hídrico, ou seja, a falta ou excesso da disponibilidade de água no ambiente acarretam em respostas fisiológicas do vegetal que podem ser positivas levando à adaptação ou aclimatação ou desastrosas para a sobrevivência da planta, acarretando na morte celular e consequente declínio e extermínio do vegetal.

O crescimento das plantas é fortemente influenciado pelas características físicas e químicas dos solos, podendo dificultar a produção local ou mesmo a sua recuperação, sendo, no entanto, facilmente modificável pelo manejo (DEDECEK et al., 2014). O ambiente físico do solo está fortemente relacionado ao fluxo de água e ar pela sua

macroporosidade ou microporosidade, resistência ao crescimento das raízes e à disponibilidade de nutrientes para as plantas. E, conseqüentemente, a sua sobrevivência (DEDECEK et al., 2014).

Para uso dos recursos naturais de uma região, torna-se necessário o conhecimento dos regimes térmico e hídrico e da sua interação. Também o balanço hídrico que consiste em efetuar a contabilidade de água em relação a uma dada superfície cultivada com determinada planta, é uma importante variável climática, eficiente para conhecer essa interação, bem como indicadora de condições de estresse para a seleção de plantas com tolerância a essa condição.

Em experimentos de populações de plantas é comum a classificação de indivíduos amostrados, segundo notas de uma escala discreta preestabelecida, correspondentes a faixas de severidade relacionadas a determinadas variáveis que se pretendem avaliar. A classificação dessas unidades amostrais em geral ocorre mediante avaliação visual e resultam na contagem de elementos ou incidência por classe. Alguns recursos estão disponíveis para a análise dessas variáveis categóricas como tabelas de contingência, onde freqüências são analisadas ao invés de dados quantitativos (CZERMAINSKI, 1999 apud ESKRIDGE, 1995).

Porém, quando os dados provêm de um delineamento experimental, é natural a busca de um índice de intensidade do problema que represente a distribuição de freqüências obtida em cada unidade experimental, de modo a associá-la a uma resposta quantitativa que possa ser submetida à análise da variação, uni ou multivariada, ou correlacionada a outras variáveis quantitativas. O termo “intensidade”, que envolve atributos de incidência e severidade, é usado como uma caracterização geral de medida do comportamento e sobrevivência das plantas numa área específica.

Geralmente em experimentos de respostas dicotômicas, isto é, com escala de valores 0 e 1, exprimindo ausência e presença de plantas mortas, a transformação angular pode ser aplicada às porcentagens de indivíduos que não sobreviveram, obtidas em cada unidade experimental, para posterior análise de variação (COCHRAN, 1943; BARTLETT, 1947). No entanto, Hughes e Madden (1995) comparam alguns métodos de avaliação de dados binários como medida de incidência de doenças e concluíram que em escalas com mais de três notas, essa resposta quantitativa é obtida

comumente pela média ponderada das notas, sendo assim também recomendado para o cálculo de plantas que não sobreviveram ou morreram, a utilização de índices.

A aroeira (*S. terebinthifolius*) é uma espécie de valor apícola para a produção de mel de qualidade e pólen. Com período de floração prolongado, estendendo-se desde outubro até abril (REITZ et al., 1983). De acordo com Carvalho (1981) a aroeira floresce a partir do primeiro ano de idade, podendo proporcionar receitas precoces ao apicultor.

A correta identificação do material botânico serve como base para todo estudo botânico e consiste na utilização de conceitos e técnicas de taxonomia vegetal e sistemas de classificação de plantas para lhes atribuir nomes e descrever as suas qualidades. Segundo Maciel et al. (2002) a planta escolhida deve ser seguramente identificada, pois a falta de identificação científica ou uma identificação errônea anulará todo o trabalho do químico, tornando-o impublicável e praticamente inútil.

Apesar do gênero *Schinus* pertencer à família Anacardiaceae onde estão também espécies fruteiras conhecidas como a manga, caju e cajá-mirim (MABBERLEY, 1997; LORENZI, 2002) e ser comumente encontrado em áreas naturais do Bioma Mata Atlântica, em especial no litoral, ainda existe carência de estudos científicos e inconformidades entre eles com relação a esta planta, sua vasta diversidade de fenótipos e de épocas de floração e frutificação, sua sexologia, suas características de floração, se são dioicas com flores unissexuadas (plantas masculinas ou femininas) ou se são hermafroditas. Portanto, faz-se importante o apoio à pesquisas que contribuam com a identificação, caracterização botânica e morfológica de acessos de aroeira.

As Anacardiaceae estão representadas por diversas espécies de uso medicinal, a exemplo das aroeiras *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão) e *Schinus terebinthifolius* (aroeira-vermelha). Ambas as espécies compartilham vários caracteres anatômicos, no entanto, podem ser distinguidas com relação a tipos de tricomas e de cristais de oxalato de cálcio, aspectos microscópicos, que são facilmente reconhecíveis caracteres anatômicos descritos e podem ser aplicados na distinção microscópica dessas. Em *S. terebinthifolius*, encontram-se células contendo compostos fenólicos e cristais de oxalato de cálcio, tricomas tectores e glandulares. A presença destes, bem como a forma que assumem nos vegetais podem auxiliar na

caracterização de grupos taxonômicos. Adicionalmente, para Nakata (2003), essas formações desempenham várias funções na dinâmica metabólica das plantas, tais como regulação tecidual de cálcio, proteção contra herbivoria e detoxificação iônica (DUARTE, et.al., 2009). A característica de pilosidade portanto, adotada para seleção de plantas, por estar relacionada à defesa do vegetal.

A aroeira é uma árvore mediana de 5 a 10 m de altura tendendo a dominar a custo de outras espécies. Copa larga, o tronco pode chegar a de 30 a 60 cm de diâmetro com casca grossa mas é frequentemente menor em encostas e solos mais pobres. Folhas compostas com 3 a 10 pares de folíolos imparipinados, aromáticos medindo de 3 a 5 cm de comprimento por 2 a 3 cm de largura (nota que as espécies semelhantes, *S. molle* e *S. lentiscifolius* têm folíolos mais estreitos). Flores pequenas, masculinas e femininas, em panículas piramidais. Frutos, drupas de um vermelho vivo, de 4 a 5 mm diâmetro, aromáticos, conferindo uma beleza notável à árvore (LORENZI; MATOS, 2008, apud GILBERT e FAVORETO, 2011).

As inflorescências paniculadas axilares e terminais, com flores pequenas e de cor esbranquiçada. As flores são pequenas, brancas ou amarelo-esverdeadas, de simetria radial, diclamídeas, dispostas em panículas piramidais, com sépalas e pétalas pentâmeras; o florescimento ocorre principalmente durante os meses de setembro a janeiro, são aromáticas e melíferas, sendo muito atrativas às abelhas (REITZ, et al., 1983).

Os resultados obtidos no estudo de Lenzi e Orth (2004) demonstram que as plantas estudadas apresentam flores diclinas, dependentes basicamente de insetos para o transporte de pólen. A antese ocorre sempre pela manhã e a flor masculina possui duração de apenas 12 horas, enquanto que a feminina permanece receptiva por um período de até 32 horas. No primeiro período reprodutivo, de outubro a novembro (primavera), apenas 22% das plantas floresceram. Já no segundo período, entre fevereiro e abril (verão/outono) 100% dos indivíduos floresceram. As plantas apresentam dimorfismo sexual, manifestado entre o comprimento ($t = -12,75$; $p < 0,5$) e a largura ($t = -11,78$; $p < 0,5$) das inflorescências. Entretanto, as semelhanças entre as suas flores, somada sincronia da fenofase reprodutiva, da antese e da oferta de recursos tróficos, em ambos os sexos, parece estar atenuando as diferenças e

possivelmente favorecendo o seu sucesso reprodutivo através da atração dos visitantes florais até ambas às flores.

Existe consenso de que a inflorescência, o tipo e o número de flores, o padrão de florescimento e a proporção de sexos estão correlacionados, em maior ou menor grau, com a produtividade das plantas.

Considerando que o período reprodutivo é uma fase importante para a dinâmica populacional, a identificação de padrões fenológicos de floração e frutificação é importante também como subsídio para planos de manejo e conservação de espécies vegetais (CESÁRIO; GAGLIANONE, 2008). Para tanto, ressalta-se a necessidade de “domesticação” da espécie, pesquisas como contribuição para migração de extrativismo predatório para métodos sustentáveis de plantio e manejo, evitando características indesejáveis para o plantio comercial na agricultura, tais como a maturação dos frutos de forma desuniforme, dificultando a colheita. A compreensão das características da biologia floral é fundamental para se entender e avaliar o sucesso reprodutivo da espécie vegetal, contribuindo para a discussão se *S. terebinthifolius* é dióica, bem como sobre o dimorfismo sexual relatado na literatura.

O potencial de produção, por motivos óbvios, é de fundamental importância para selecionar genótipos, uma vez que o principal produto obtido e a principal fonte de renda da cultura da aroeira é a produção de frutos. Entre os vários fatores limitantes da produção vegetal, as características dos solos e o déficit hídrico ocupam posição de destaque, pois, além de afetar diretamente as relações hídricas nas plantas, alterando-lhes o metabolismo, é fenômeno que ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis.

Torna-se importante identificar genótipos com tolerância à seca bem como, com maior produção, com potencial agrônômico e comercial, realizados em populações representativas da espécie, que poderão ampliar a base genética e a introdução de novos acessos genéticos para os agricultores.

4.2. OBJETIVOS

- Selecionar genótipos de aroeira (*S. terebinthifolius*) em áreas do Bioma Mata Atlântica e áreas de produção agrícola com potencial agrônomo e comercial na produção de frutos;
- Avaliar a sobrevivência de plantas de aroeira cultivadas em condições de estresse hídrico em condições de hipoxia (2014) e déficit hídrico (2015 e 2016), em um espodossolo humilúvico órtico dúrico a moderado, no município de Linhares-ES;
- Caracterizar a biologia floral da aroeira e o dimorfismo sexual das plantas;
- Ampliar a base genética de *S. terebinthifolius* para implementar e qualificar um banco de germoplasma na Fazenda Experimental do Incaper em Jucuruaba, no município de Viana-ES.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1. Seleção de genótipos de aroeira tolerantes aos estresses hídricos

O experimento foi instalado na área do Projeto Biomas/Bioma Mata Atlântica, coordenado pelo Incaper e situada no município de Linhares – ES (Figura 1), cuja localização da área 1 Experimental corresponde às coordenadas geográficas: 19°13'12.55"S e 40°03'07.70"W.



Figura 1 - Vista aérea das áreas experimentais do Projeto Biomas/Mata Atlântica em Linhares – ES, com a identificação das duas áreas de aroeira: Área 1 Experimental de Aroeira: 19°13'12.55"S e 40°03'07.70"W; Área 2 Experimental de Aroeira: 19°12'59.92"S e 40°03'03.08"W. Fonte: Projeto Biomas/Mata Atlântica, 2014.

Para identificação da classe, classificação e descrição morfológica do perfil do solo da área experimental, foram abertas trincheiras, e para a caracterização química e física desse solo foram coletadas amostras, por horizonte, com ênfase nas características responsáveis pelas alterações dos fatores físicos (potencial de água, aeração e resistência do solo à penetração), sendo encaminhadas para os laboratórios de solos do Incaper e da Embrapa Florestas.

A área total do experimento foi de aproximadamente 1,01 ha, distribuída em parcelas experimentais com 0,835 ha, com 64 plantas por parcela e um total de 768 plantas na área experimental. No preparo da área foi realizada a eliminação da pastagem (*Brachiaria decumbens*) com o uso de herbicida (glifosato), seguida da aplicação de 1.000 kg de calcário dolomítico, PRNT 100% (10 g/cova), distribuído uniformemente na área de plantio. Foram abertas covas com 20 cm x 20 cm x 20 cm, com motocoveadora, nos espaçamentos de 2,5m; 3 m; 3,5m e 4m, fazendo o plantio em consórcio com maricá (*Mimosa bimucronata* (DC) Kuntze var. *bimucronata*) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Hunth., no delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições. A adubação de plantio na cova foi realizada com a aplicação de 80 g de fósforo (P) na forma de superfosfato simples, 50 g de potássio (K) na forma de cloreto de potássio e 500 g de adubo orgânico (composto orgânico). As mudas para o plantio de *S. terebinthifolius* foram provenientes de sementes, plantadas em janeiro de 2013, fornecidas pela coordenação Regional do Projeto Biomas, do Bioma Mata Atlântica e provenientes do viveiro da Reserva Natural Vale e viveiros privados conveniados ao projeto. No plantio das mudas foi usado hidrogel Stockosorb Micro® (Copolímero de Poliacriato de Potássio), com capacidade retenção água de 180%, CTC=3.100m.mol/dm³ e densidade em Massa=580 - 800gr/litro, utilizando o volume de 3% do produto concentrado/litro e 2-3 litros de calda por cova, seguido de irrigação localizada para assegurar o pegamento e manutenção do stand inicial.

As adubações de cobertura foram feitas anualmente com a aplicação de 500 g de adubo orgânico por planta, aplicado em torno das plantas, sob a projeção da copa. Outros tratos culturais envolveram coroamento, roçagem mecanizada e quando necessário e controle de formigas.

Os dados meteorológicos foram obtidos de duas estações meteorológicas automáticas localizadas nas Fazendas Experimentais do Incaper, uma em Sooretama - estação meteorológica automática Vaisala®/HANDAR – Modelo: 555, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (Lat.:19,114 S; Long.:40,079 W; Altitude: 75 m), e outra em Linhares - estação meteorológica automática Vaisala®, da rede do Instituto Nacional de Meteorologia- INMET (LAT: 19,357° S LON: 40,067° W ALT: 40 m.) e também da estação meteorológica da Reserva Natural da Vale do Rio Doce, em Sooretama-ES.

Para a elaboração do cálculo do balanço hídrico mensal foi usada a proposta por Thornthwaite e Mather, que determina a capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm (para culturas perenes).

Dentre as 768 (setecentos e sessenta e oito) plantas acompanhadas na área 1 de experimentação, o critério utilizado para selecionar àquelas com característica de resistência ao estresse hídrico foi determinado considerando as que obtiveram melhor nota quanto à sobrevivência à este estresse (condições de alagamento e déficit hídrico), ao qual estavam submetidas ao longo dos anos de 2014, 2015 e 2016. As plantas que melhor se desenvolveram, ou seja, as mais adaptadas representadas pelas notas foram selecionadas e clonadas para compor o Banco de Germoplasma de Aroeira, na Fazenda Experimental do Incaper em Jucuruaba, no município de Viana-ES.

Para a seleção as plantas foram agrupadas em classes segundo J+1 categorias, x_j , $j=0, \dots, J$, (uma classe de ausência de plantas afetadas e J classes de presença de plantas afetadas), onde x_0 significa “ausência de plantas afetadas ou mortas” ou “sem sintomas” e x_J a classe de intensidade máxima dentro do critério adotado. As frequências de plantas em cada classe da escala ordinal (crescente) foram representadas por F_0 (número de unidades “sem serem afetadas” ou “sem sintomas”), F_1 (número de unidades no nível mais baixo de severidade de sintomas), F_2 , etc., até F_J (número de unidades no nível mais alto de severidade de sintomas com a planta morta).

Procedeu-se à avaliação visual das plantas seguindo-se uma escala de seis classes de severidade de sintomas do estresse: $x_0 = 1$ ou “sem sintoma, Padrão ótima”; $x_1 = 2-3$ ou “Muito Boa”; $x_2 = 4-5$ ou “Intermediária”; $x_3 = 6-7$ ou “Ruim”; $x_4 = 8$ ou “Muito Ruim” e $x_5 = 9$ ou “Planta Morta”.

Sendo uma escala com mais de três notas, a resposta quantitativa foi obtida pela média ponderada das notas, sendo também realizado o cálculo do “índice de plantas que não sobreviveram ou com morte”, utilizando-se para isso o índice proposto por McKinney (1923) de acordo com a fórmula:

$$IM = (\sum F_k x_k) / N \cdot x_k \dots\dots\dots (1)$$

onde F_k representa o número de plantas da amostra com nível da escala de severidade x_k , $k=1, \dots, K$, na parcela; n é o número total de indivíduos na amostra; xK é o valor numérico máximo da escala empregada.

O IM é proporcional à média ponderada das notas, pois corresponde à razão entre ela e a nota máxima da escala adotada, e pode ser expresso em porcentagem de acordo com a equação:

$$\text{IM (\%)} = [\sum (\text{valor da nota} \times \text{n}^\circ \text{ de plantas com esta nota}) / \text{no total de plantas} \times \text{valor máximo da escala de notas}] \times 100$$

Para verificar a validade do IM na análise de variância, procedeu-se aos testes das hipóteses de normalidade dos erros experimentais e de homogeneidade de variâncias de tratamentos. Foram obtidas as estimativas dos erros experimentais (resíduos) associados a cada medida, com base no modelo do delineamento adotado. Para verificar a homogeneidade de variâncias, usou-se o teste de Bartlett (SILVA, 1969). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tuckey ($P \leq 0,05$). As análises foram efetuadas com o software Assistat versão 7.6 beta (Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil, 2010).

4.3.2. Seleção de genótipos de plantas elites com potencial econômico

As plantas elites foram aquelas consideradas superiores para os critérios observados ao longo dos anos de monitoramento do experimento. Além das plantas acima mencionadas, com resistência ao estresse hídrico (selecionadas na área 1), a seleção de genótipos considerados plantas elites, também levou em consideração as plantas com excelentes qualidades e características vegetativas, de produção de frutos e adaptabilidade, e foi realizada dentre os genótipos cultivados nas parcelas experimentais da área 2 do Projeto Biomas Mata Atlântica, localizado no município de Linhares-ES. Também foram selecionadas plantas consideradas superiores em áreas de plantações comerciais e de comunidades rurais, nos municípios de São Mateus, Pedro Canário e Serra.

A seleção e caracterização de genótipos foram realizadas a partir de critérios fenotípicos e de produtividade da aroeira, destacando-se o desenvolvimento da planta, produção de frutos, época de floração, de frutificação, colheita, o que tem relação direta com a determinação da safra. Nesta caracterização fenotípica,

vegetativa e reprodutiva das plantas, foi considerado o manejo a essas plantas estavam submetidas, registros ao longo de no mínimo dois anos e três épocas de produção. Durante o período pré-floração, floração e frutificação as plantas previamente marcadas em campo, com base na sua adaptabilidade aos locais de crescimento, foram selecionadas com base nos critérios do desenvolvimento, porte e arquitetura de copa das plantas, fenologia e produção de frutos superior em 100% da média observada nos experimentos realizados com aroeira.

As variáveis de seleção analisadas e os critérios adotados na área 2 de experimentação para 6 tratamentos de adubação foram:

4.3.2.1. Potencial de produção

Numa população heterogênea 882 plantas, adotou-se como critério de seleção das plantas produtivas aquelas em que a produção de frutos tivessem alcançado resultados expressivos, considerando plantas excelentes as que alcançaram média de produção 30% acima da média produzida de suas respectivas parcelas, no período da safra principal nos anos de 2014 e 2015, e ainda, plantas que foram superiores, considerando a média dos dois anos de monitoramento para produção (2014 e 2015).

Na seleção das plantas elites foi também considerado o período de floração e a época de produção de frutos, determinando-se se houve concentração temporal da frutificação, se foi precoce, intermediária ou tardia. Foram selecionadas plantas que centralizaram a produção em um único mês (sofreram apenas uma colheita), sendo as tardias aquelas em que isso ocorreu num único e último mês da safra no ano de 2015. Também foi observada a uniformidade de maturação dos frutos, o tamanho e coloração do fruto estabelecendo-se uma escala de maturação.

4.3.2.2. Características dendrométricas fenotípicas:

Para selecionar plantas que possuem padrão elevado de desenvolvimento, foram estabelecidos índices dendrométricos, como: Diâmetro à altura do colo da planta-DAC (mm), altura (cm), arquitetura e área da copa (cm) – nos sentidos Leste - Oeste, Norte - Sul (LO, NS). Um total de 270 plantas na área 2 do projeto foram utilizadas para levantar os dados dendrométricos. Foi realizada a avaliação de 113 plantas que não sofreram poda, entre as quais foi feita a seleção de indivíduos que atenderam ao

critério adotado de obter média de crescimento 30% acima das médias obtidas, considerando os três anos de avaliação (2014, 2015 e 2016).

4.3.2.3. Crescimento das plantas em função da poda:

Foram avaliadas 112 plantas que haviam recebido poda em agosto de 2015, após a colheita de frutos, organizadas em subparcelas com tratamentos de poda de ramo (PR) e poda drástica (PD). Nestas plantas, foram realizadas medições com fita métrica de 3 ramos aleatórios formando uma triangulação na região do terço vertical intermediário da copa, aos 3 e 6 meses após a poda. A média do comprimento (cm) dos ramos de cada planta foi comparada com as das plantas da parcela. As plantas selecionadas para esta característica tinham que atender ao critério que consistia em ter facilidade de rebrota (lançamento de novos brotos), atingindo valores médios de lançamento de ramos 30% acima da média das plantas na sua respectiva parcelas nos dois períodos de medição.

4.3.2.4. Biologia floral e arquitetura das plantas:

Em uma população de 882 plantas, foram selecionados genótipos cuja antese ocorreu em épocas diferenciadas em relação ao padrão convencional descrito na literatura para a espécie, ou seja, plantas em que a floração ocorreu antecipadamente (floração precoce) ou tardiamente (floração tardia) em relação às demais plantas da mesma parcela. As plantas receberam uma nota pela densidade de floração avaliada em dois períodos do ano (florada principal – de fevereiro a maio/2015 e outra antes da “safrinha”- outubro a dezembro/2015), e para 2016. Porém, apenas o período principal dos dois anos foi considerado no estudo da população para selecionar elites, uma vez que na segunda época de floração de 2015 houve muita variação. Foram selecionadas como elites para esta característica, considerando o critério estipulado que foi o de escolher plantas que tiveram uma densidade de floração intermediária (++) em 2015, e muito grande (+++) em 2016. Fatores qualitativos como tamanho e cor das inflorescências, tempo de abertura floral, entre outros também contribuíram para a seleção.

Foram monitorados dados relacionados à biologia floral da população de plantas com 882 indivíduos, no período de 2014 a 2016. Foram marcadas as plantas que

apresentaram flores estaminadas, consideradas como masculinas (M), as com flores pistiladas, consideradas como femininas (F) e aquelas que foram consideradas hermafroditas (H). Após a realização de levantamento em todas as 882 plantas cultivadas para obtenção de porcentagem (%) de plantas M, F e H, genótipos com características especiais foram selecionadas para cada um desses sexos, plantas com uma biologia floral diferenciada. Foram observadas a formação de copa das plantas e a densidade de flores.

Com os dados populacionais dos períodos de floração das plantas, realizou-se a curva e período de floração de plantas selecionadas.

Através de avaliações mensais, foram registrados dados nas diversas fenofases das plantas: Antese (floração); frutificação (frutos maduros) e brotação (novos lançamentos de ramos). Foram calculados o percentual de intensidade de Fournier ou índice de intensidade (escala intervalar de cinco categorias de 0 a 4, com intervalo de 25% entre classes) e o índice de atividade ou porcentagem de indivíduos. Segundo Bencke e Morellato (2002), o índice de atividade e o percentual de intensidade de Fournier forneceram informações distintas e complementares, facilitando a análise e interpretação do comportamento fenológico. Sugere-se que em estudos fenológicos populacionais sejam utilizados estes dois índices combinados para a análise e representação dos dados e que seja feita a distinção entre pico(s) de atividade e pico(s) de intensidade das fenofases (BENCKE, MORELLATO, 2002).

As observações fenológicas foram realizadas no período de junho de 2014 a junho de 2016 e para calcular o índice de atividade (% de indivíduos na fenofase), o qual estima o sincronismo entre os indivíduos na população/ parcela foi utilizada a fórmula de Fournier (FOURNIER, 1974):

$$\% \text{ Fournier} = (\sum \text{Fournier} / 4 N) \times 100, \dots\dots\dots (1)$$

onde:

N= N° de indivíduos amostra; Fournier: 1= ausência de fenofase; 2= presença de fenofase entre 1-25%; 3= presença de fenofase entre 26-50%; 4= presença de fenofase entre 51-75%; 5= presença de fenofase entre 76-100%.

Fez-se o levantamento da proporção de plantas com flores femininas, masculinas e hermafroditas nos anos de 2014 a 2016. As informações obtidas foram utilizadas para elaborar uma curva do período de floração de plantas selecionadas, determinando-se:

- Proporção de plantas com flores (feminina, masculina e hermafrodita);
- Número e dimorfismo sexual nas inflorescências;
- Razão sexual (%) entre flores femininas, masculinas e hermafroditas;

4.3.2.5. Pilosidade das plantas:

A identificação de plantas com pilosidade nas folhas e ramos foi utilizada para seleção de plantas não somente na área experimental do Projeto Biomas, mas também em outras regiões produtoras e de restinga em comunidades rurais no Estado do Espírito Santo. Esta característica está associada à resistência a insetos e patógenos sendo considerada estratégica na pesquisa de resistência genética e indicação de cultivares resistentes ou tolerantes às pragas e doenças.

Nos meses de fevereiro a maio do ano de 2016, entre os horários de 08h00min a 12h00min, foram coletadas onze amostras de diferentes genótipos de *Schinus terebinthifolius*. Os acessos dos genótipos coletados foram codificados, herborizados, indexados, descritos e catalogados de modo a conferir rastreabilidade da origem e registro das características da planta matriz. Para a identificação e caracterização botânica das plantas com o material botânico oriundo daquelas selecionadas foram preparadas exsiccatas, e estas depositadas no herbário VIES, da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no bairro de Goiabeiras em Vitória, Espírito Santo – Brasil. O herbário VIES possui registro no Index Herbariorum (catálogo mundial sob a coordenação do Jardim botânico de Nova York). Cópias destas exsiccatas serão incorporadas à coleção do herbário do Museu de Biologia Mello Leitão – MBML, no município de Santa Teresa – ES.

Parte do material botânico para herborização foi coletado na área experimental do Projeto Biomas / Mata Atlântica, nas coordenadas: 19°12'59.92"S e 40°03'07.70"W e receberam codificação. Os restantes das amostras, também codificadas, originaram-se de propriedade agrícola particular, localizada na Comunidade de Nativo, São Mateus - Espírito Santo, Brasil (18°43'39.7"S 39°49'14.4"W - localização da estrada próxima à comunidade Nativo).

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1. Seleção de genótipos de aroeira tolerantes aos estresses hídricos

O estresse é definido como uma pressão de um fator adverso que interfere e afeta o funcionamento dos sistemas; E, quando submetido a estresses ambientais, diversas podem ser as respostas obtidas pelo vegetal (NETO et al, 2008). O estresse hídrico por sua vez pode atuar diminuindo a porcentagem de germinação das sementes e do crescimento e expansão da planta, quando em déficit de água, e quando submetido a um excesso de umidade também se observa um decréscimo na germinação em virtude da ineficiência de troca de gases com o meio (BORGES; RENA, 1993).

Considerando informações de que a espécie se desenvolve bem sob restrição hídrica e sombreamento parcial ou pleno sol, por se tratar de planta de restinga, há relatos de que *S. terebinthifolius* é tolerante e resistente à alta luminosidade e salinidade, porém não ao encharcamento.

Diversos são os parâmetros utilizados na análise do crescimento vegetal: taxa assimilatória líquida, a taxa de crescimento relativo, a razão de área foliar etc. Analisando-se a interação de cada parâmetro de crescimento com as variáveis ambientais pode se ter uma idéia de quão eficiente é o crescimento do vegetal e qual a sua habilidade de adaptação às condições do meio que o cercam, pois se sabe que fatores como luz, temperatura, salinidade e disponibilidade de água podem afetar significativamente a fisiologia do vegetal (REIS; MULLER, 1979).

Na área experimental predominou o solo classificado como espodossolo humilúvico órtico dúrico a moderado, textura arenosa, relevo plano, com saturação por bases (V%) e capacidade de troca catiônica (CTC) baixos, com impedimento à percolação hídrica e que atinge a saturação hídrica plena, pois possui o horizonte cimentado de subsuperfície (Figura 2 A e B).

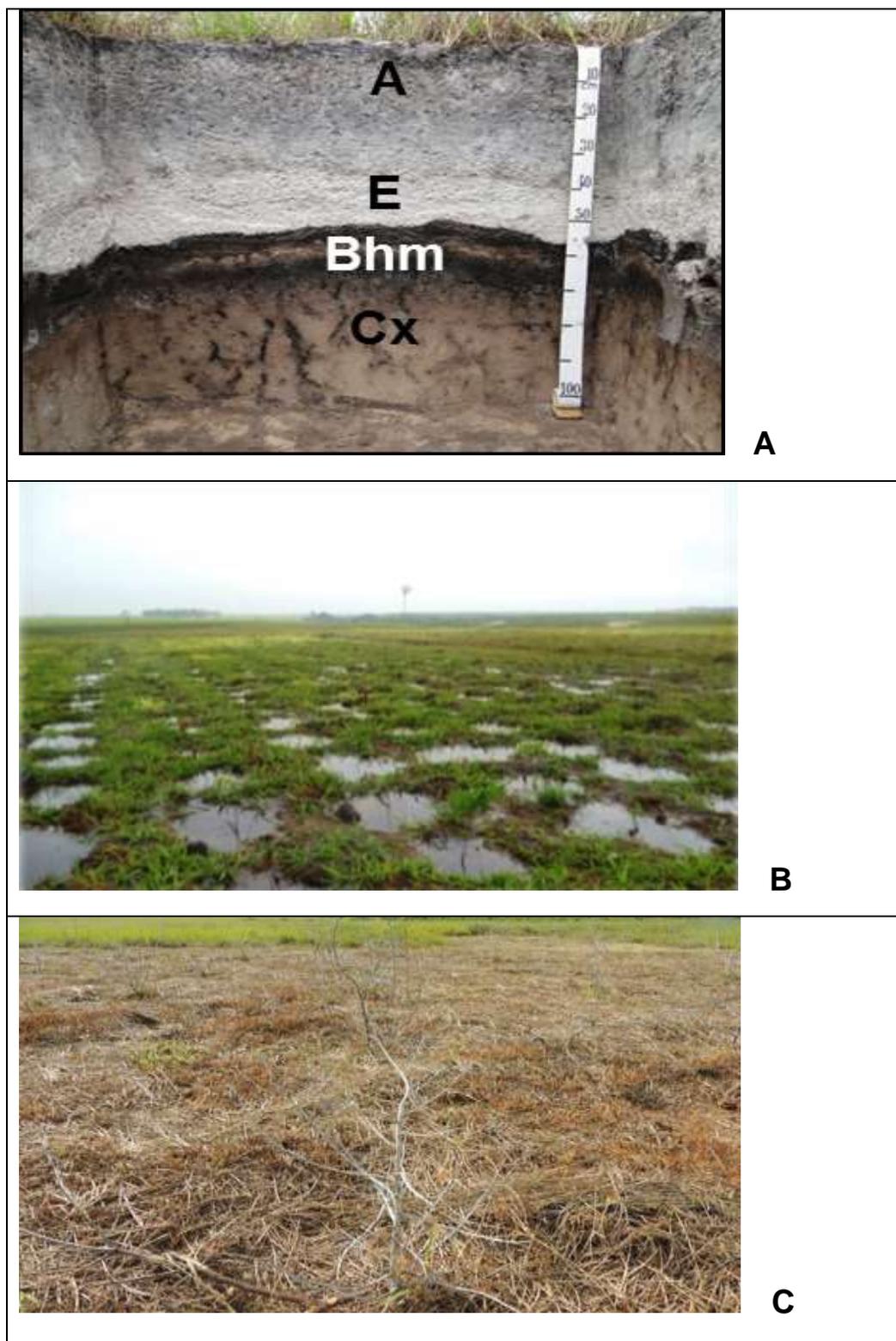


Figura 2 A - Perfil de solo da Área experimental da seleção das plantas de aroeira em um solo Espodossolo Humilúvico Órtico Dúrico a moderado, textura arenosa, relevo plano. Fragipânico / Impermeável em subsuperfície. B – Paisagem da área experimental de aroeira após excesso de chuvas de Dez/2013, ilustrando alagamento das covas onde as mudas foram plantadas. C – Aspecto fenotípico das plantas que não resistiram ao estresse hídrico. Fonte: Figura A e B, Curcio, G.R.-Embrapa Florestas, 2012.

O comportamento das plantas de aroeira em condições edafoclimáticas restritivas causadas pelo excesso e déficit hídrico neste espodossolo, no município de Linhares-ES, foi avaliado (Figura 2 C). A seleção de genótipos de aroeira tolerantes aos estresses hídricos foi feita em uma área degradada cujo uso anterior era para pastagem. O solo foi caracterizado conforme a seguir.

Tabela 1 - Características químicas e granulométricas do solo espodossolo humilúvico órtico dúrico a moderado na área experimental, em Linhares-ES:

Horizonte	Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina	pH	C	Valores				
							S	CTC	V	m	
Simb.	Prof. (cm)	g kg ⁻¹			CaCl ₂	g/dm ⁻³	cmol _c kg ⁻¹		%		
Ap	0-24	13	25	802	160	3,20	34,0	1,16	8,36	14	34
EA	24-34	38	50	721	192	3,40	9,6	0,54	2,54	21	27
E	34-51	38	50	614	299	4,40	4,2	0,41	1,71	24	0
Bhm/Cx	51-67	75	113	576	236	3,40	50,7	0,52	23,02	2	88

Fonte: Curcio, G.R.- Embrapa Florestas, 2012.

Por meio da tabela acima, onde se vê o resultado da granulometria e propriedades físicas do solo nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,6 m de profundidade, antes da instalação do experimento de aroeira na área do Projeto Biomass em Linhares-ES, pode-se afirmar que é um solo arenoso muito ácido e pobre em bases, ou seja, sua baixa fertilidade determina um baixo potencial produtivo.

A CTC total é a capacidade de troca de cátions do solo, medida à pH = 7,0, também representada pela letra T. É uma das variáveis mais importantes para a interpretação do potencial produtivo do solo. Indica a quantidade total de cargas negativas que o solo poderia apresentar se o seu pH fosse 7. Essas cargas são aptas a adsorver (reter) os nutrientes de carga positiva (K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺), adicionados ao solo via calagem ou adubações, e outros como Al³⁺, H⁺, Na⁺ etc. Portanto, $T = K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + (H+Al)$ ou $T = SB + (H+Al)$. Este índice normalmente apresenta valor praticamente constante, mas solos arenosos apresentam baixa T e, mesmo com pequena adição de bases, estas estão suscetíveis a perdas por lixiviação (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

Trata-se de um solo extremamente arenoso com forte predomínio da fração areia grossa, ou seja, determina para os horizontes superficiais elevados taxas de troca gasosa, combinado a fluxos de permeabilidade saturada bem elevados (Tabela 2). Os valores de pH são muito baixos o que desfavorece a presença de bases no complexo sortivo. Isto é ratificado pelos baixos valores de saturação por bases – distrófico (V% < 50%). Podemos observar ainda que a saturação por alumínio trocável (m) também é baixa, porém este valor era esperado tendo em conta a textura muito arenosa. Solos arenosos, comumente, apresentam baixa saturação por alumínio trocável.

Tabela 2 – Características físico-hídricas do solo, antes da instalação do experimento de aroeira na área do Projeto Biomas em Linhares-ES.

Perfil 2								
Horizonte Simb.	Prof. (cm)	Densidade do solo Mg m ⁻³	Condutividade hidráulica cm h ⁻¹	Porosidade			Capacidade de campo m ³ m ⁻³	Água disponível
				total	Macro	aeração		
Ap	0-24	1,04	48,75	0,45	0,14	0,19	0,21	0,05
EA	24-34	1,43	20,61	0,20	0,08	0,10	0,05	0,05
Bhm/Cx	51-67	1,51	0,66	0,22	0,07	0,10	0,05	0,07
Cx	67-103 ⁺	1,17	2,33	0,46	0,10	0,11	0,27	0,07

Fonte: Curcio, G.R.- Embrapa Florestas, 2012.

Através desta última (tabela 2) verifica-se a forte influência do horizonte B espódico no comportamento geral deste solo.

Podemos reparar que apesar da textura arenosa no horizonte superficial a densidade do solo é baixa, fato condicionado pela presença de valor expressivo de carbono neste horizonte (34 g/dm⁻³). Isto é favorável ao bom desenvolvimento radicular das espécies. No entanto, no B espódico (Bhm) a densidade é bem elevada o que vem a prejudicar a permeabilidade saturada neste horizonte. Estes horizontes, normalmente, quando consistentes, possuem baixas taxas de permeabilidade. Este condicionante, em períodos de chuva intensa, determina a formação de LESP (lençol suspenso pluviométrico), fato que determina anoxia (ausência de oxigênio) temporária, causando fortes prejuízos às culturas.

Os valores de condutividade hidráulica são muito altos para os horizontes Ap e EA com forte queda (0,66 cm/h) das taxas no Bhm (espódico), praticamente

impermeável. Este fato determina o empoçamento de água em períodos de chuva. As porosidades são baixas, conforme já era esperado para solos arenosos.

Ressaltamos também que os valores de água disponível são muito baixos, o que colabora para o “quadro ruim” deste solo para as culturas.

Outros resultados das análises física e química do solo, realizadas em 2014 estão apresentados abaixo e nos dão informações sobre a condição que as plantas encontraram para se desenvolver, e também da necessidade de se recuperar/manejar o solo para ter sucesso no cultivo das plantas.

Tabela 3 - Análise química do solo nas camadas de 0,0-20 e 20-40cm de profundidade, na área1 do experimento com aroeira do Projeto Biomass em Linhares-ES.

Amostra MA5.1	pH	P	K	C	H+Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	K	SB	t	T	MO	V	m
Profundid. (H2O)	(ppm)	(ppm)	(mg g ⁻¹)					(cmolc)					(%)	
0-20	4,21	6,01	41,70	75,67	8,33	1,09	0,60	0,11	0,71	1,79	9,03	13,05	7,82	60,58
20-40	4,31	4,52	26,56	76,42	5,78	0,69	0,55	0,07	0,62	1,31	6,39	13,18	9,67	52,83

pH em água 1:1,5; Método de extração:1:1,5; Método de determinação: N: destilação; K, Ca, Mg, P, S, Fe, Mn, Zn. SB= Soma de Bases; CTC= capacidade de troca de cátions; V=saturação por bases; MO= Matéria orgânica. Fonte: RUAS, F. K. - Projeto Biomass/ Mata Atlântica, 2015.

Podemos observar pelas análises (Tabela 3), que a saturação por bases (V), a qual indica a porcentagem do total de cargas negativas ocupadas por bases (K⁺ + Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺), esta abaixo do ideal. Com a calagem, busca-se elevar a saturação por base do solo a valores adequados à exigência da cultura, os quais geralmente variam de 50 a 80%. Ao se elevar a saturação por bases do solo com a calagem, há uma redução proporcional do H+Al, reduzindo-se assim a acidez do solo (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

De acordo com Prezotti; Guarçoni (2013), para o adequado crescimento e desenvolvimento das plantas, o ideal é que não haja presença de Al³⁺, isto é, que o pH seja maior que 5,5, ocasião em que o m (saturação por alumínio) se iguala a zero. No caso do espodosolo, onde estão sendo cultivadas as plantas de aroeira, o pH é baixo, especialmente nos primeiros 20cm de solo. A saturação por Al³⁺ na CTC efetiva (m) chegou a mais de 60% nessa camada, e a mais de 50% na camada de 20 a

40cm, ou seja, uma condição também desfavorável, uma vez que é um impedimento ao desenvolvimento das raízes das mudas de aroeira.

Devido ao reduzido número de cargas negativas presentes nos solos arenosos (baixa T), as chuvas e irrigações excessivas promovem a lixiviação de K e fazem com que o seu teor decresça com maior rapidez, quando comparados a solos argilosos (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

A presença de uma camada adensada e extensa, próxima à superfície do solo, associada ao regime climático característico da unidade geoambiental onde foi cultivada a aroeira, é uma indicação de que deverão ocorrer grandes alterações no potencial de água, temperatura, resistência à penetração das raízes e aeração do solo, com reflexos no movimento de água e sobre o sistema radicular da aroeira.

Os tabuleiros costeiros são identificados como uma grande unidade de paisagem composta por várias unidades geoambientais as quais, por definição, "são entidades espaciais onde o material de origem, a vegetação natural, o modelado, a natureza e a distribuição dos solos, em função da topografia, constituem um conjunto homogêneo, cuja variabilidade é mínima de acordo com a escala cartográfica".

Os dados meteorológicos nos anos de 2013 a 2016, onde é possível observar que os valores médios para temperatura do ar variaram entre período foram de 34,2.°C e .15,6 °C .Os registros pluviométricos médios mensais variaram de zero a 514,9 mm (Figuras 3 e 4). A estrutura de respostas (frequências absolutas) da classificação de 768 plantas de aroeira na área experimental, segundo classes de severidade de sobrevivência de plantas afetadas pelo estresse (x_j). Tanto a floração quanto a frutificação da aroeira parece estar associada ao aumento da temperatura, oferta de água no solo e ao comprimento do dia.

Os resultados das plantas sobreviventes quanto ao estresse hídrico foram associados a período de umidade (2014) e seca (2015-2016), os quais estão sistematizados em forma de tabelas e gráficos com porcentagem (%) de sobrevivência ao estresse hídrico, considerando também os dados meteorológicos, de precipitação, média das temperaturas (máxima, mínima e média), clima para a região neste mesmo período, utilizando informação da estação meteorológica do Incaper de Sooretama e da Reserva Natural Vale (RNV). As plantas que melhor se desenvolverem (mais

adaptadas, que sobreviveram após condição de estresse hídrico - excesso de chuva, alagamento e seca- no período de 2013 a 2016, foram selecionadas e clonadas para compor o Banco de Germoplasma na Fazenda Experimental do Incaper em Jucuruaba, no município de Viana-ES.

O Estado do Espírito Santo vem sofrendo com a precipitação abaixo da média desde 2014, e com isto, vem acumulando déficit, que tem proporcionado diversos problemas de ordem econômica, social e ambiental (Figuras 3 e 4). O ano de 2013 foi considerado razoável do ponto de vista da precipitação pluviométrica, mas isto se deve ao fato de que as chuvas foram muito concentradas no mês de dezembro, e nos demais meses do ano ocorreram também chuvas abaixo da média histórica (SILVA, J.G.F. Incaper, 2016 - comunicação pessoal).

O climograma é uma forma de representação gráfica do clima e sua sazonalidade em determinada região, ou seja, o perfil climático de uma região. Considerando que a representação gráfica das temperaturas e da precipitação (Figura 3) e apesar de não ser nosso objetivo estudar o clima, a interação destes dados em conjunto com o comportamento das plantas, permitiram selecionar genótipos com característica de resistência ao estresse hídrico.

O ano de 2013 foi considerado razoável do ponto de vista da precipitação pluviométrica, mas isto se deve ao fato de que as chuvas foram muito concentradas no mês de dezembro, e nos demais meses do ano ocorreram também chuvas abaixo da média histórica (SILVA, J.G.F. Incaper, 2016 - comunicação pessoal).

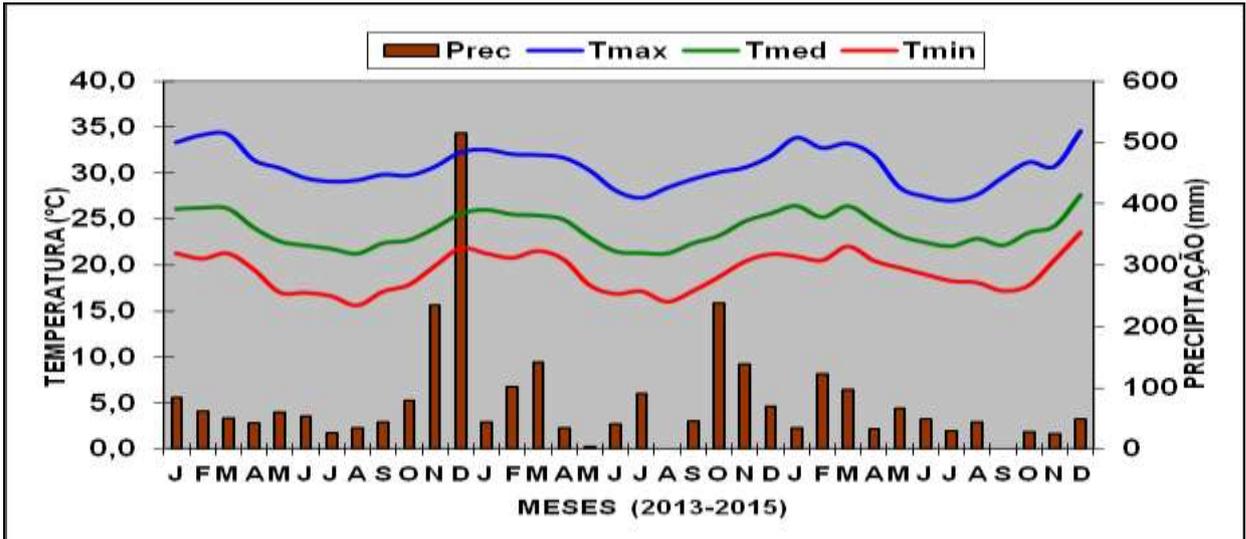


Figura 3 - Climograma do histórico mensal, nos anos de 2013 a 2015, com a distribuição das médias da temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média (°C) e da precipitação (mm), na área experimental de avaliação da população de aroeiras, em Linhares – ES. LAT: 19°13'12.55''S; LON: 40°03'07.70''W.

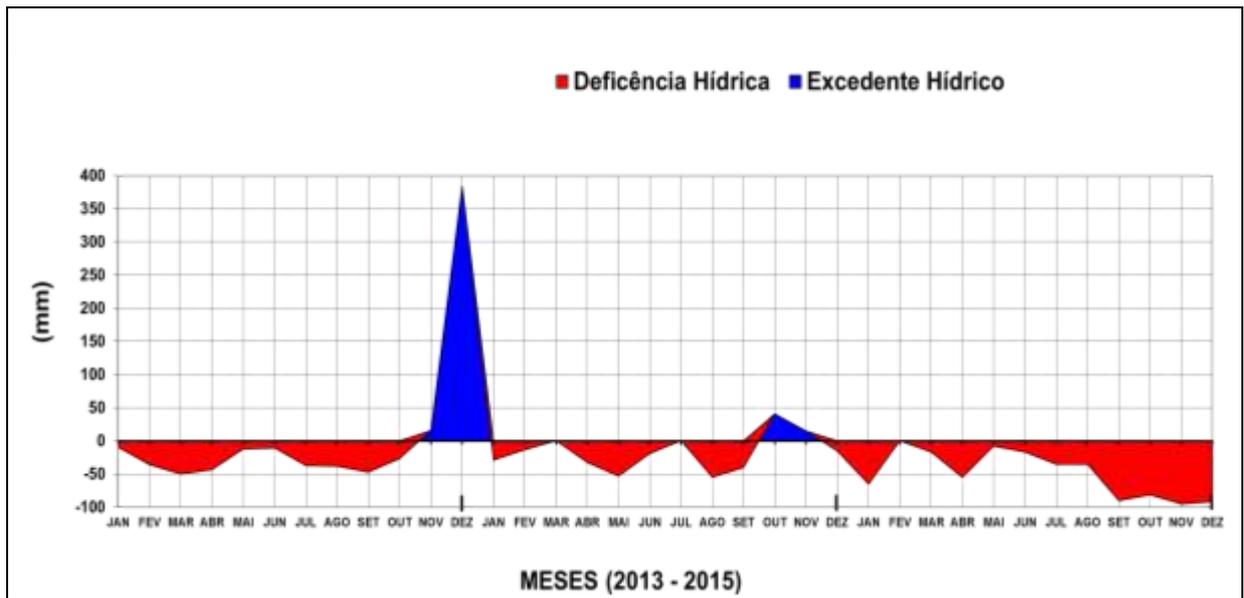


Figura 4 - Extratos do balanço hídrico mensal, considerando CAD= 100mm, no período de 2013 a 2015, na área experimental de avaliação da população de aroeiras no Projeto Biomas Mata Atlântica, em Linhares-ES. LAT: 19°13'12.55''S; LON: 40°03'07.70''W.

Entende-se por desvio da precipitação como sendo a diferença entre a média da precipitação e a precipitação observada no período. Em 2014, observa-se que no litoral norte, a partir da cidade de Vitória chegando a atingir toda a região norte do estado, os desvios foram negativos, inferiores a 25%. Vale salientar que no mês de outubro ocorreu uma chuva em um único dia que atingiu volume superior a 300 mm,

compensando, sobremaneira, o déficit de chuva deste ano, nesta região (SILVA, J.G.F. Incaper, 2016 - comunicação pessoal).

No ano de 2015 os maiores déficits ocorreram mais na região noroeste do estado, onde o desvio negativo da precipitação foi superior a 50% em relação à média histórica, ou seja, nesta região choveu menos do que 50% da média esperada. Nas demais áreas do estado este déficit de chuva variou entre 25 e 50% (SILVA, J.G.F. Incaper, 2016 - comunicação pessoal).

Em termos gerais, verifica-se que todo o estado do Espírito Santo vem apresentando chuvas abaixo da média desde o ano de 2014. Desta forma, é esperado que os solos permaneçam com baixa umidade em seu perfil (SILVA, J.G.F. Incaper, 2016 - comunicação pessoal).

Apesar das fortes chuvas no final do ano de 2013, caracterizando uma anomalia climática em 2014 já iniciou com um déficit hídrico, que se agravou no meio do ano (chegando a menos 70mm de déficit) e mais ainda em 2015 (Figura 4). As chuvas ocorridas não foram suficientes para suprir a demanda hídrica do solo e equilibrar a situação de seca.

O resultado do número de plantas por classe de sobrevivência exposto na tabela abaixo (Tabela 4), representado o comportamento das plantas de aroeira em condições edafoclimáticas restritivas em relação a condições de hipoxia e de déficit hídrico em um espodossolo, no município de Linhares-ES, avaliadas no período de 2014 a 2016. A Figura 5 ilustra a morfoanatomia das plantas em cada classe de sobrevivência que foram avaliadas.

As mudas de aroeira que foram plantadas em 2013 vinham se desenvolvendo normalmente até o final do ano. Porém, foi possível observar a trajetória de declínio em relação à sobrevivência dessa população de aroeira após passar por períodos de estresse hídrico (Figura 5; Tabela 4).

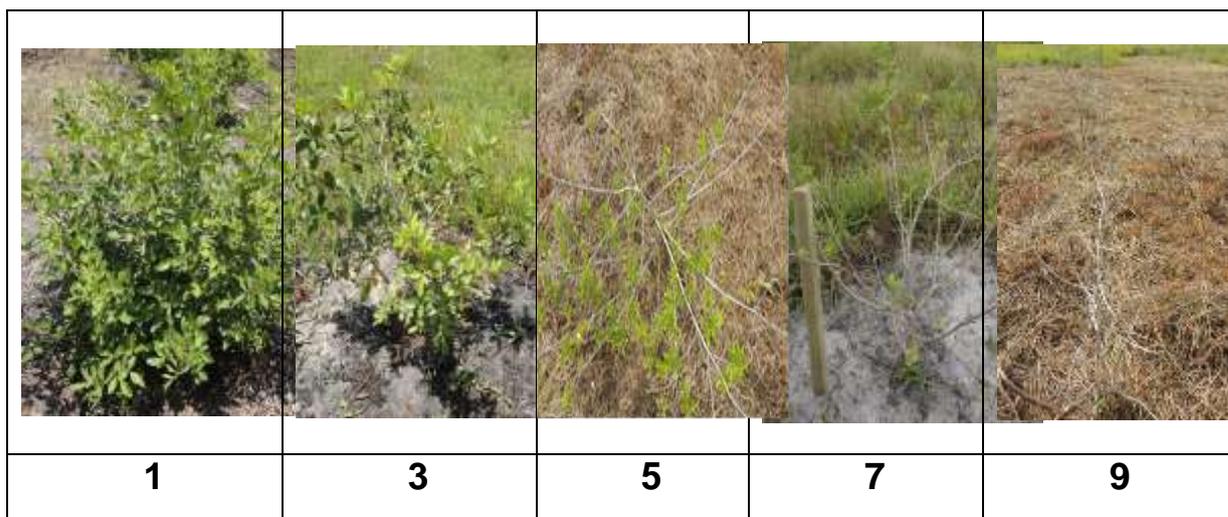


Figura 5 - Representação fenotípica das plantas de aroeira sob condições de estresse hídrico nas notas a elas atribuídas na área experimental 1, município de Linhares-ES. Escala de notas: 1- Ótima (Padrão Máximo); 3- Muito boa; 5- Regular/Intermediária; 7- Ruim; 9- Morta.

Tabela 4 - Número de plantas de aroeira avaliadas e suas respectivas notas atribuídas em condições edafoclimáticas restritivas em relação a condições de hipóxia (2014) e de déficit hídrico (2015 e 2016) em um espodossolo, no município de Linhares-ES.

ANO DE MONITORAMENTO	Nº Total de plantas por classe de nota obtida ¹					
	1	2--3	4--5	6--7	8	9
2014	4	17	122	258	243	124
2015	0	0	11	52	548	157
2016	0	0	1	15	328	424

¹Escala de notas: 1- Ótima (Padrão Máximo); 2-3: Muito boa; 4-5: Regular/Intermediária; 6-7: Ruim; 8: Muito ruim e 9:Morta.

Em 2014 as plantas já estavam debilitadas em consequência do período de encharcamento que passaram após alta precipitação pluviométrica no final de 2013 e com o déficit hídrico dos anos de 2014 e 2015, mais de 80% das plantas tiveram o seu desenvolvimento severamente afetado, obtendo numa população de 768 plantas mais de 700 com nota entre 7 e 9, ou seja em condições ruim, muito ruim ou morta (Tabela 4). Observamos que em 2015, já o segundo ano consecutivo de estresse hídrico houve um aumento expressivo da frequência na população de plantas com nota muito ruim.

Observando a frequência absoluta de plantas (Figura 6), podemos constatar que elas já vinham sofrendo condições de estresse em 2014, com pouco mais de 30% da população estudada recebendo pontuação ruim, em 2015 passou para mais de 70%, mostrando esse agravamento da condição de sobrevivência das mesmas. Ao se instalar o experimento de aroeira na área com espodosolos, pensou-se exatamente na boa adaptação da espécie em áreas com deficiência hídrica, haja vista a boa convivência da espécie em solos extremamente arenosos de paisagens de restinga. Porém, a existência de um horizonte cimentado, impermeável em subsuperfície (fragipã), conforme ilustrado no perfil de solo da figura 2 contribui para alterar o regime hídrico do solo à época das chuvas, acarretando em deficiência de oxigênio com o excesso de água acumulado na área. E por fim, a alternância desses dois tipos de estresses tão antagônicos (excesso e falta de água) prejudicou o crescimento da aroeira, causando, inclusive, mortalidade de plantas. Isso demonstra o quanto que a umidade do solo impede ou auxilia, dependendo da espécie considerada, o desenvolvimento das mudas (Figura 2 B).

A soma desses fatores climáticos de temperatura, precipitação, ora expondo as plantas ao excesso de chuva debilitando-as por condição de anoxia, ora condição de déficit hídrico, aliados aos vários fatores, incluindo a macroporosidade excessiva do solo em que os fluxos de água são acelerados, a existência de camada impermeável, pouca disponibilidade de nutrientes- solo pobre (espodosolo), a idade da planta, pois afinal não se trata de árvores já adultas e sim de mudas jovens com sistema radicular ainda pouco desenvolvido, tudo isso justifica claramente a dificuldade de sobrevivência das plantas de aroeira na área e o aumento do grau de severidade do estress sofrido pelas plantas no período de 2014 a 2016 (Figura 7) passando de quase 70% em 2014 para quase 90% em 2016. Sem água, as plantas perdem seu vigor e a capacidade de se preparar para a safra do ano seguinte. Toda essa situação relatada culminou para que na avaliação de 2016, apenas uma planta das 768 avaliadas sobreviveu com condições aceitáveis e que vai integrar o Banco de Germoplasma de Aroeira do Incaper, para estudos moleculares posteriores, no sentido de se identificarem genes associados a essa tolerância aos estresses.

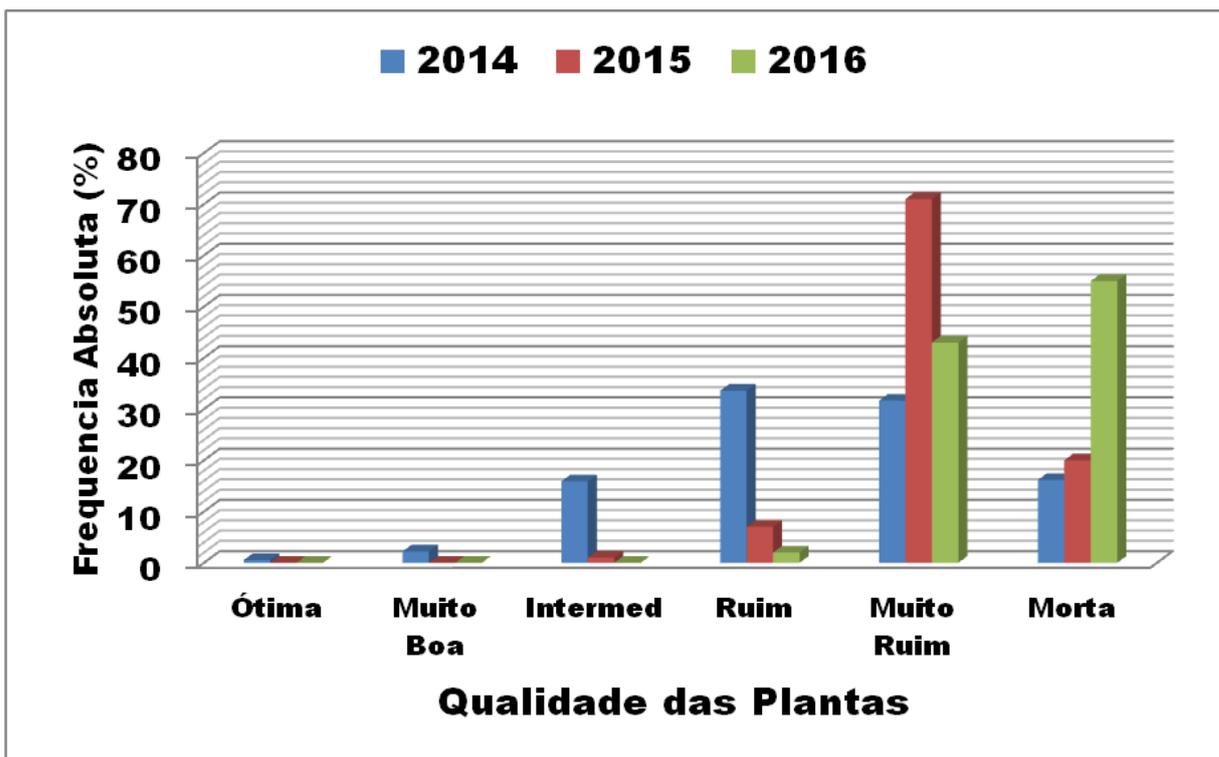


Figura 6 - Frequência absoluta de plantas de aroeira cultivadas em condições de estresse hídrico no período de 2014 a 2016 (hipoxia em 2014 e déficit hídrico em 2015 e 2016), em um espodossolo, no município de Linhares-ES.

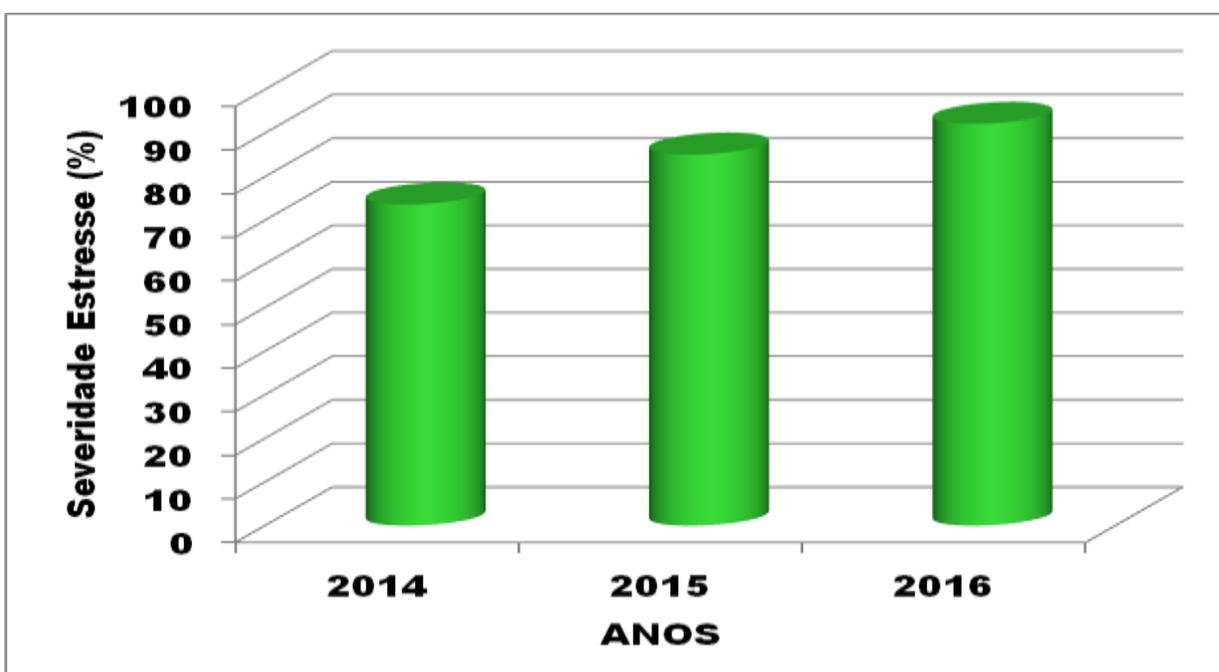


Figura 7 - Severidade do estresse em plantas de aroeira cultivadas em condições de estresse hídrico no período de 2014 a 2016 (hipoxia em 2014 e déficit hídrico em 2015 e 2016), calculada pelo índice de McKinney, em um espodossolo, no município de Linhares-ES.

Considerando que a planta responde ao estresse de duas formas: 1. adaptação / aclimação; 2. morte celular, o que já se esperava neste estudo, que tanto em situações de excesso hídrico quanto de déficit, a morfoanatomia da planta seria alterada (Figura 2 C), com reflexos na porcentagem de sobrevivência.

Em ocasião de estresse hídrico por alagamento, onde se tem uma queda na disponibilidade de oxigênio (hipoxia / anoxia), a planta passa a ter respiração anaeróbica, acarretando em mudanças inclusive na sua morfoanatomia e conseqüentemente na porcentagem de sobrevivência das plantas. Várias reações fisiológicas das plantas são citadas quando ocorre o estresse hídrico por déficit. Sabe-se que ocorre uma queda na fotossíntese (limitações da fotossíntese no cloroplasto) e portanto queda de fotoassimilados translocados, fazendo com que a planta lance mão de estratégias tais como: 1. redução de sua área foliar (diminuição da expansão celular), uma vez que com a queda de água, ocorre a contração celular, o afrouxamento de parede, a redução no turgor. 2. abscisão foliar (aumento da síntese de etileno e crescimento de raízes), 3. fechamento estomático (Síntese de Ácido Abscísico-ABA (a partir de carotenoides nas raízes, 4. síntese de açúcares e agentes protetores (estabilidade das membranas), 5. ajuste osmótico (aumento de solutos no citosol das células, redução do potencial osmótico para absorverem mais água (Prolina, álcoois de açúcar-sorbitol/manitol e Amina quaternária – Betaína. 6. Proteínas Lea (Late embryogenesis abundant) em sementes (TAIZ; ZEIGER, 2013 ; LARCHER, 2004).

Resultados publicados por Silva et al. (2008) mostraram que plantas jovens de aroeira crescem melhor quando cultivadas com suprimento hídrico de 75% da capacidade de campo, podendo ser cultivadas em níveis de água de até 50% da capacidade de campo, sem apresentar modificações morfológicas e fisiológicas significativas. A aroeira é considerada moderadamente tolerante a baixos níveis de água no solo. A resposta das plantas ao déficit hídrico depende dos seus estádios fenológico e genético e da magnitude e intensidade do estresse.

Tanto quando disponibilidade hídrica é excessiva (alagamento) ou reduzida (déficit), os fenômenos que ocorrem na planta são afetados, a respiração, fotossíntese, o movimento d'água no sistema (absorção, condensação e transpiração) são alterados,

acarretando também mudanças em relação à Absorção de Nutrientes e na Evapotranspiração da cultura (ETc).

Estudos mostram que dentre a água captada pelas plantas, 97% é perdida para a atmosfera (transpiração); 2% é usada para aumento de volume/ expansão celular; e 1% para os processos metabólicos (fotossíntese).

Portanto, pelos resultados as plantas desenvolveram mecanismos capazes de diminuir os efeitos da falta de água no solo, que podem ser transmitidos geneticamente. A comparação entre os parâmetros do balanço hídrico na área experimental de aroeira leva a afirmar que deficiências hídricas no solo, por longo tempo, podem afetar, drasticamente, a sobrevivência e produção de *S. terebinthifolius*.

A tolerância a seca é resultante de várias características (anatômicas, morfológicas, fisiológicas, moleculares) que se expressam diferente e concomitantemente, dependendo da severidade e da taxa de imposição do déficit hídrico, da idade e das condições nutricionais da planta, do tipo e da profundidade de solo, da carga pendente de frutos, da demanda evaporativa da atmosfera, da face de exposição do terreno.

A resposta ecofisiológica das plantas observada na área 1 de experimentação, resultou na seleção de uma única planta com adaptação e sobrevivência em condições edáficas e climáticas adversas com excesso de água e déficit hídrico no solo de tabuleiro do Projeto Biomass-Mata Atlântica.

4.4.2. Seleção de genótipos de plantas elites com potencial econômico

4.4.2.1. Potencial de produção: Dentre as plantas que foram monitoradas - 431 plantas fêmeas produtivas em 2014, e 436 em 2015 - selecionou-se 12 plantas elites em relação à característica de produção, sendo que 5 foram consideradas excelentes (*TOP's), pois alcançaram média de produção 30% acima da média em 2014 e em 2015, em relação às suas parcelas correspondentes, e ainda, mais 7(sete) plantas que foram superiores, considerando a média dos dois anos de monitoramento para produção nos anos de 2014 e 2015 (Figura 8). Nesta variável, o destaque foi o genótipo F3B1T2*, cuja média de produção obtida nos dois anos foi de 3,15 Kg,

enquanto que a média de sua parcela já computando com 30% a mais foi de 1,91Kg, ou seja, de fato uma planta bem superior às demais.

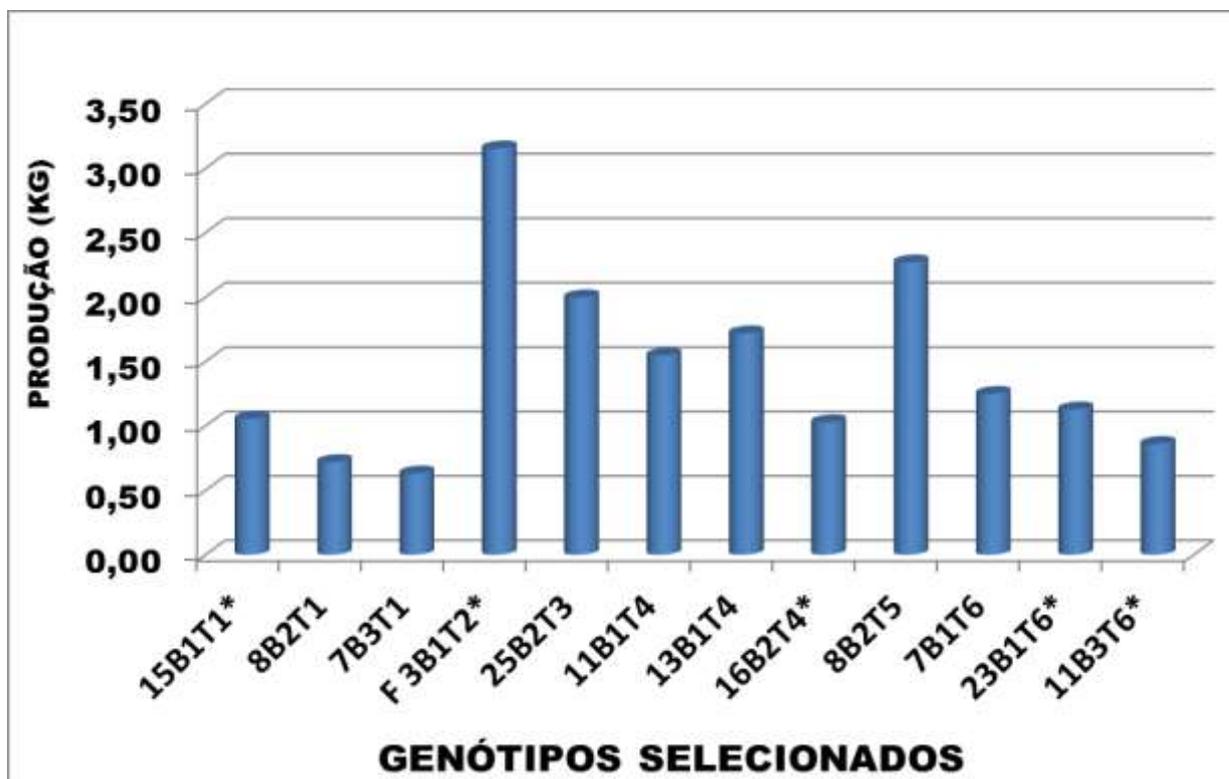


Figura 8 - Produção média de grãos dos genótipos selecionados em uma população de aroeiras cultivadas em uma área experimental em Linhares-ES, nos anos de 2014 e 2015. Genótipos marcados com (*) mantiveram a maior produção em 2014 e 2015.

Seleção de plantas elites levando em conta a produção centralizada e tardia de frutos: Quanto aos parâmetros qualitativos de produção, selecionou-se 18 genótipos que centralizaram a produção em um único mês (sofreram apenas uma colheita) e 11 tardios, que foram aquelas que produziram no único e último mês de safra do ano de 2015 (Tabela 5). Ou seja, quando a grande maioria das plantas da sua mesma parcela, sob as mesmas condições de ambiente e adubação já haviam encerrado a produção (final de safra), estas escolhidas com característica tardia ainda apresentavam carga produtiva. Estas características de precocidade (Figura 9C) ou de produção tardia se tornam importantes quando pensamos na possibilidade do produtor colher e obter o produto (frutos) de boa qualidade também fora de período de safra. Dependendo da época de produção de frutos das plantas (precoce, intermediária e tardia), o produtor tem a possibilidade de escalonar a produção, o que

traz vantagens em termos de custos, oferta de mão de obra, além da agregação de valor e melhoria do valor alcançado no mercado por ofertar produto fora de época. (Figura 9).

Tabela 5 - Genótipos de plantas elites selecionados em relação à produção centralizada e tardia.

Característica de Seleção	Genótipos Selecionados	TOTAL
Frutificação centralizada em uma única colheita (2015)	T1B2AR24; T1B3AR7; T2B2AR23; T3B1AR7; T3B2AR6; T3B2AR25; T3B3AR11; T4B1AR3; T4B2AR16; T4B3AR8; T5B1AR11; T5B2AR2; T5B2AR10; T5B3AR16; T5B3AR17; T6B1AR5; T6B2AR18; T6B3AR20	18
Frutificação tardia (Junho/2015)	T1B3AR1; T1B3AR11; T3B1AR1; T3B1AR13; T3B2AR3; T3B3AR3; T4B3AR1; T5B1AR4; T6B1AR13; T6B2AR1; T6B3AR6.	11

Também foi observada a uniformidade de maturação dos frutos, o tamanho e coloração do fruto estabelecendo-se uma escala de maturação, a qual será abordada no capítulo 2.

Fatores como a uniformidade de maturação dos frutos, a época de produção (precoce, intermediária e tardia), tamanho e coloração do fruto também foram características qualitativas avaliadas e interferiram na seleção de plantas elites e que são importantes quando se leva em conta a possibilidade do produtor escalonar a produção e obter produto (frutos de boa qualidade) em épocas diferentes das convencionais e assim obter renda fora da safra principal de aroeira (Figura 9).



Figura 9 - Genótipos com característica de precocidade na produção e maturação de frutos de produção (A), desuniformidade na frutificação, com a existência de floração, grãos verdes e maduros no mesmo ramo (B). Plantas com uniformidade de frutificação (C).

4.4.2.2. Características dendrométricas fenotípicas

A seleção de plantas elites quanto à dendrometria, que atenderam ao critério de obter a média de comprimento de novos ramos após a poda acima de 30% da média de crescimento da variável medida na sua parcela, considerando a média dos 3 anos de monitoramento (2014, 2015 e 2016), resultou num total de 26 plantas selecionadas para algum dos índices dendrométricos. Destas, 17 foram para DAC, 15 para altura (Figura 10), 24 para área de copa sentido Leste – Oeste (LO) e 24 para sentido Norte Sul (NS) (Figura11). Observamos ainda, que entre estas elites, 12 plantas foram consideradas excelentes (*TOP's), pois foram superiores para todas essas variáveis (Figuras 12 e 13).

Algumas dessas características medidas através desses índices parecem ser mais relevantes do que outras quando se trata de manejo da planta, considerando fatores que interferem na produção de frutos. Por exemplo, uma planta de aroeira que possui um bom desenvolvimento em relação à altura, não traz muitas vantagens, uma vez que aumenta o custo com mão de obra e dificulta a colheita, além de que, plantas muito altas costumam produzir frutos apenas na porção do terço apical de seus

ramos, reduz a área produtiva da copa das árvores, sendo o “interior” da copa pouco produtivo. Já os dados de DAC e área de copa, parecem favorecer a produção, pois a tendência é que troncos com DAC alto tenham maior capacidade de sustentação de ramos. Copas mais “abertas”, prostradas, propiciam melhor incidência solar, melhor aeração, facilita o acesso de polinizadores às flores, tem sua área produtiva aumentada e facilita o ato da colheita.

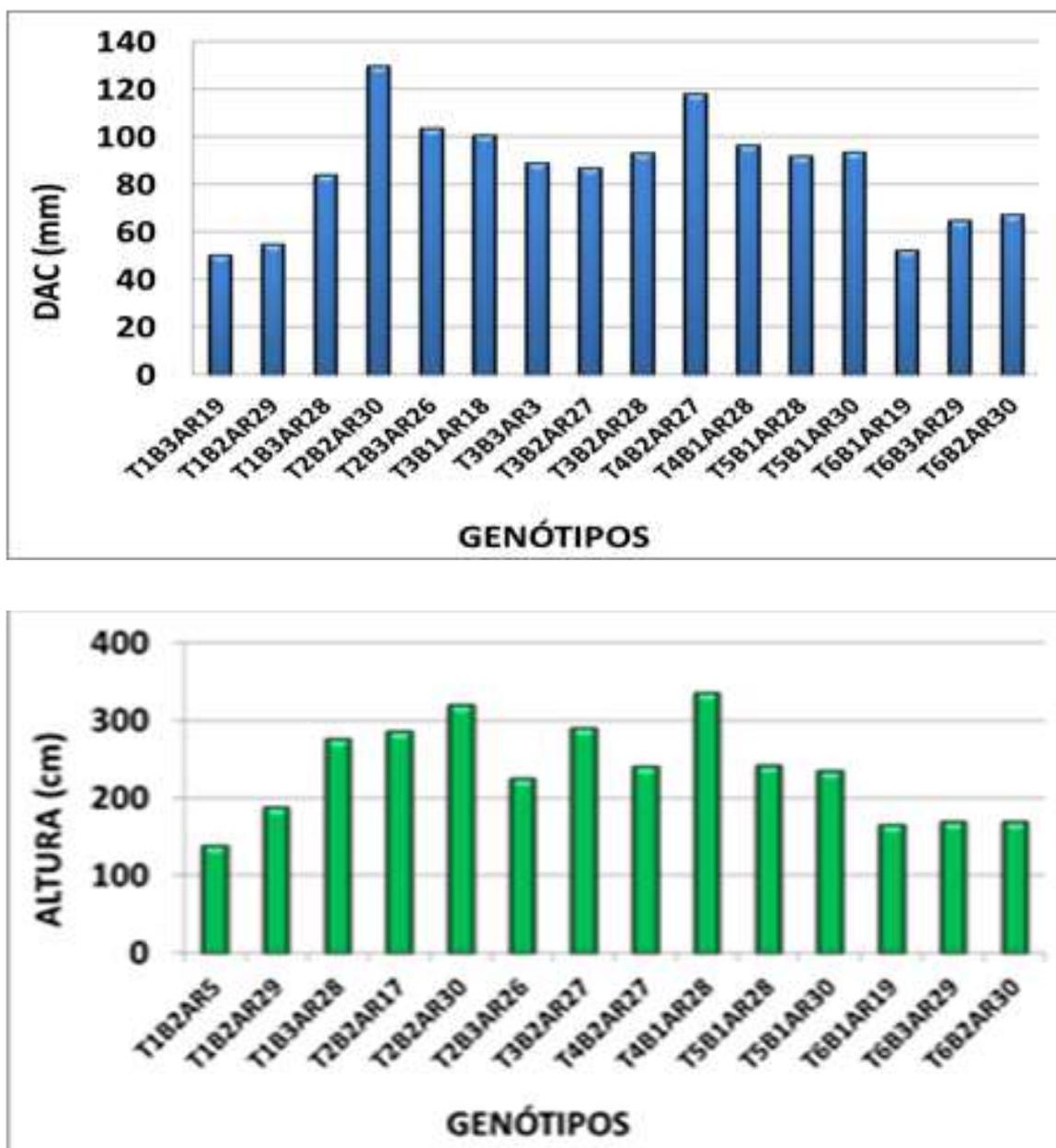


Figura 10 - Seleção de plantas elites para as variáveis dendrométricas de DAC(mm) e Alt (cm): critério: média acima de 30% da média de crescimento das variáveis medida na sua parcela, considerando a média dos 3 anos de monitoramento (2014, 2015 e 2016).

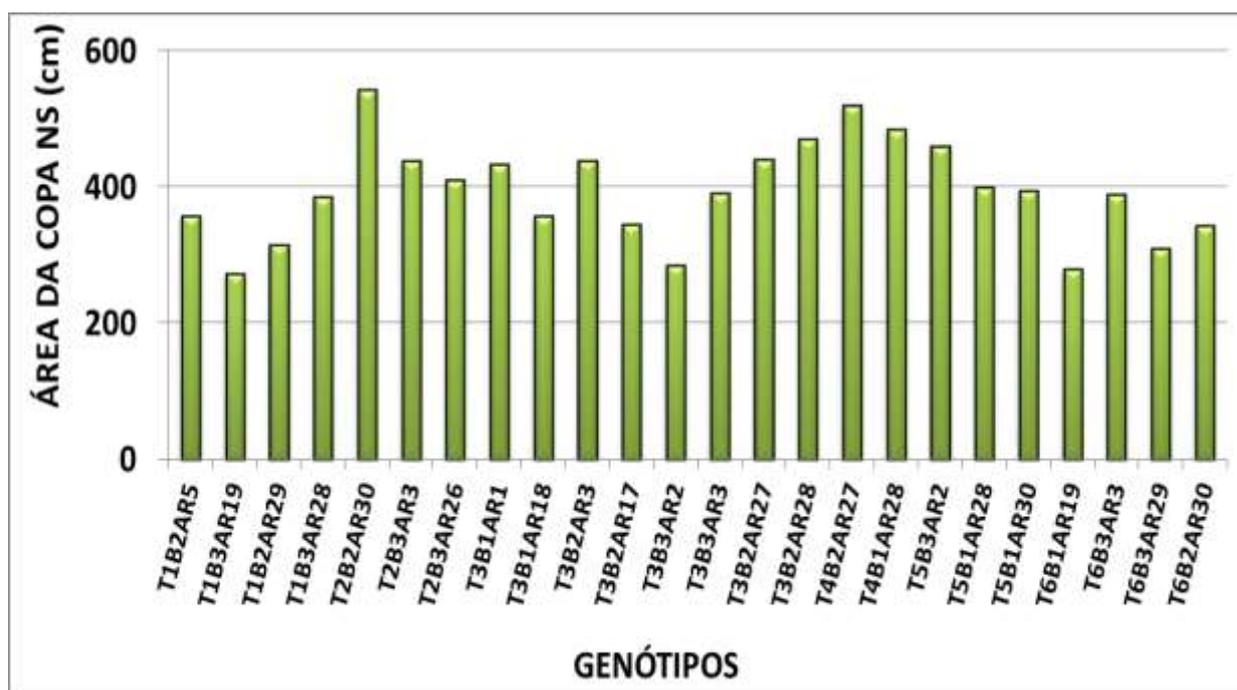
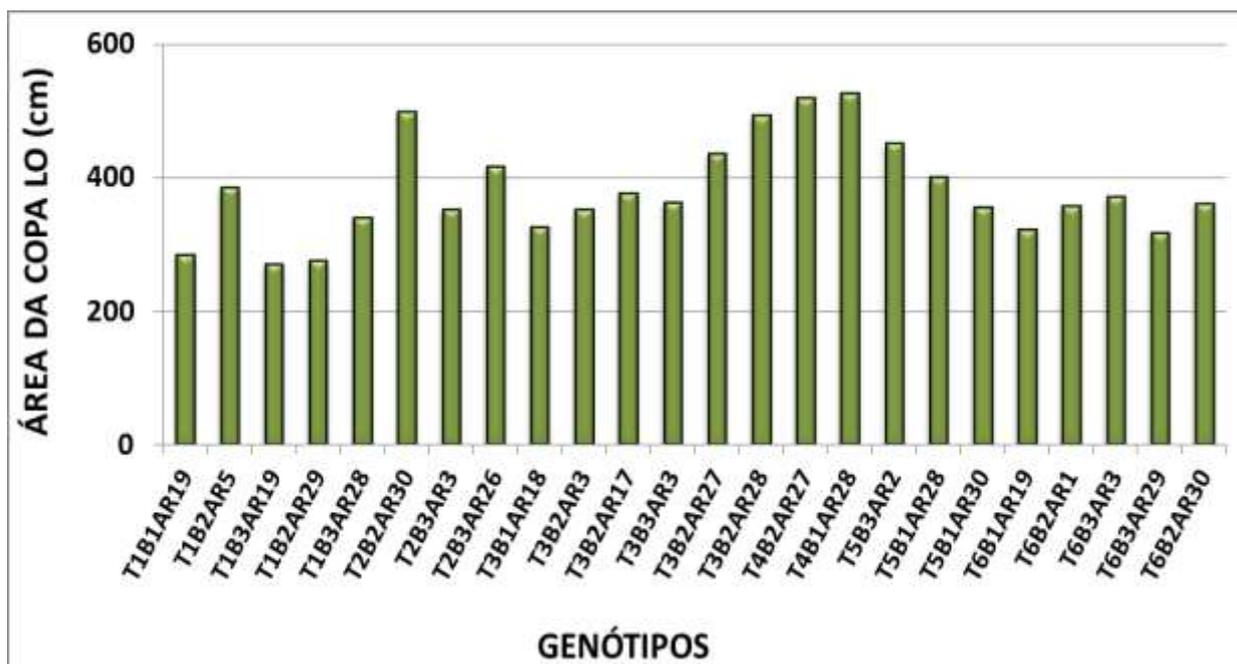


Figura 11 - Seleção de plantas elites para as variáveis dendrométricas de área de copa L-O e N-S (cm): critério: c média acima de 30% da média de crescimento da variável medida na sua parcela, considerando a média dos 3 anos de monitoramento (2014, 2015 e 2016).

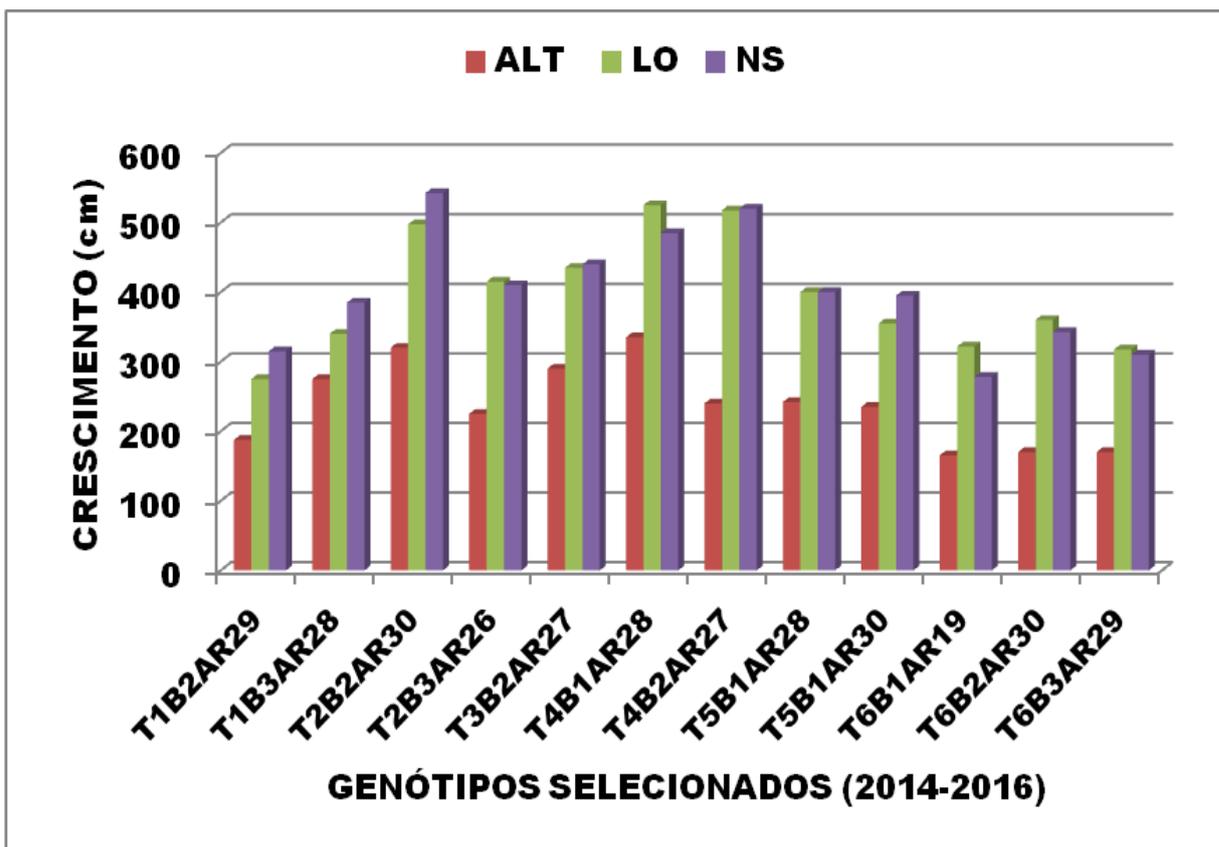


Figura 12 - Genótipos de aroeira selecionados com a maior média nos anos de 2014 a 2016, em relação à altura das plantas (Alt), diâmetro da copa no sentido Leste – Oeste (LO) e diâmetro da copa no sentido Norte-Sul.

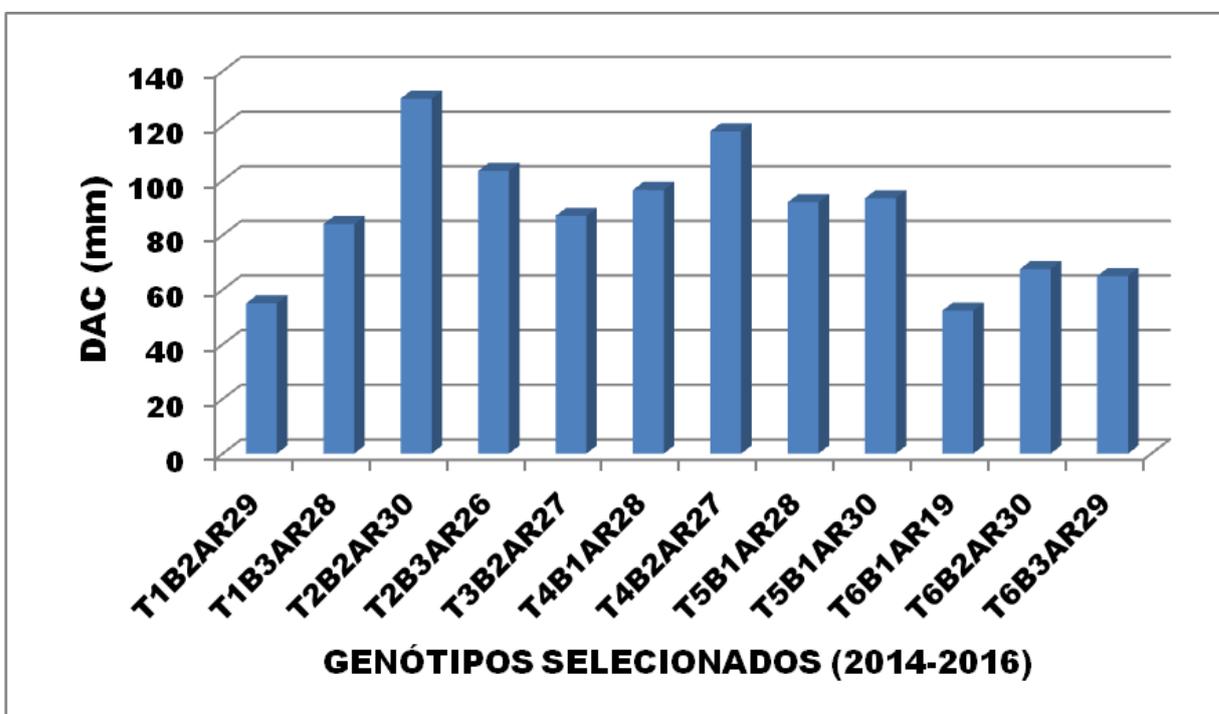


Figura 13 - Genótipos de aroeira selecionados com a maior média nos anos de 2014 a 2016, em relação ao diâmetro a altura do colo das plantas (DAC).

4.4.2.3. Crescimento das plantas em função da poda

Dentre as plantas que receberam tratamento de poda de ramo (PR) e poda drástica (PD), na amostragem de 112 plantas mensuradas para crescimento de ramos, 17 genótipos melhor responderam quanto ao desenvolvimento de novos ramos após a poda, ou seja, atenderam ao critério definido para estas elites, que era de obter as médias de crescimento 30 % acima das médias das plantas de sua parcela nos dois períodos de medição (3 e 6 meses após a poda). Destas plantas elites, 10 receberam PD e 7 PR.(Figura 14).

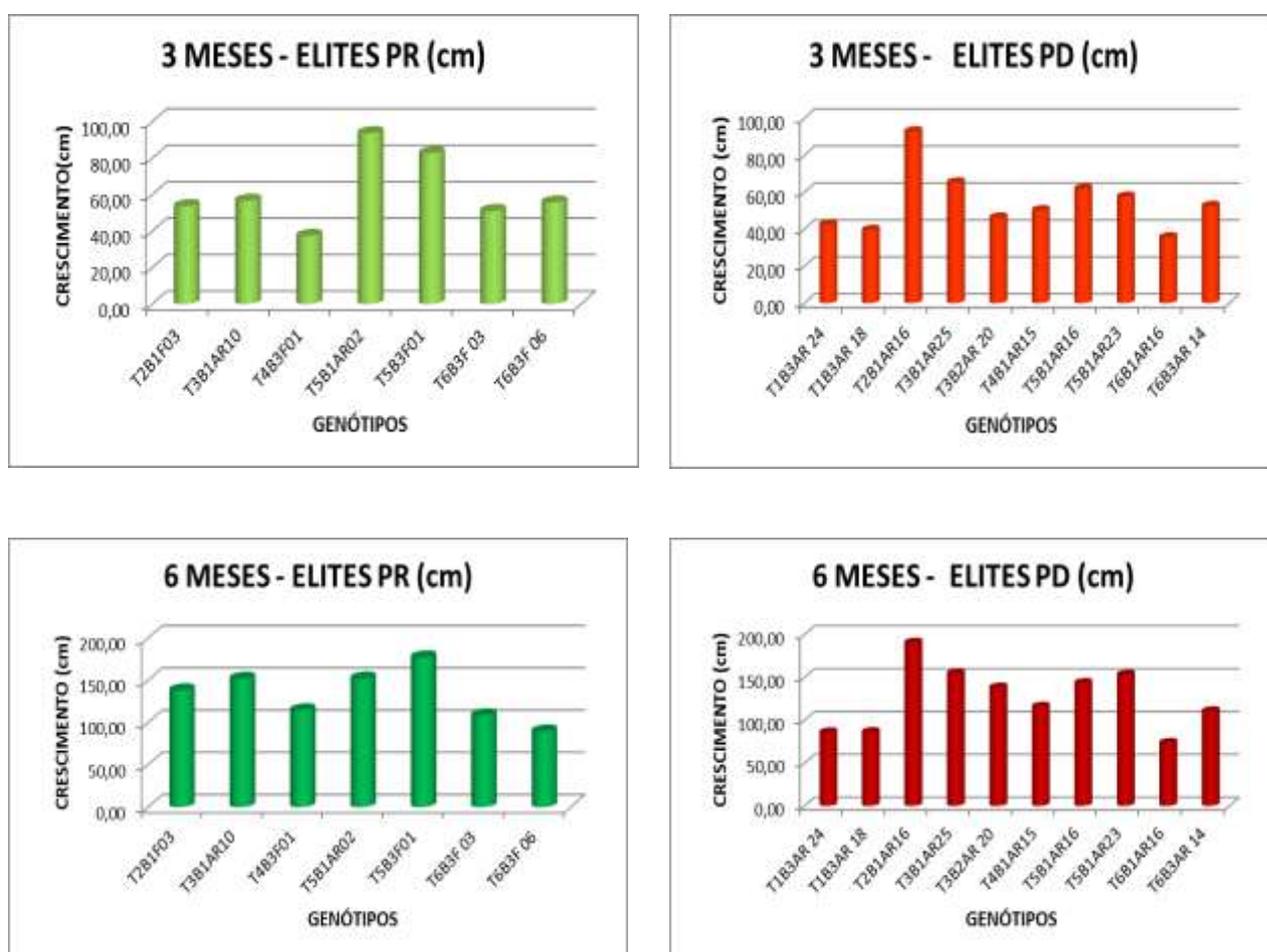


Figura 14 - Seleção dos 17 genótipos que melhor responderam quanto ao desenvolvimento de novos ramos após a poda (PR-Poda de Ramo e PD-Poda Drástica), obter médias de crescimento no mínimo 30 % acima das médias das plantas de sua parcela, nos dois períodos de medição (3 e 6 meses após a poda).

As 7 plantas elites selecionadas com PR, apresentaram média de crescimento de ramo de 61,52cm e 133,29cm aos 3 e 6 meses pós poda respectivamente, com valores variando de 37,33cm a 93,67cm aos 3 meses após a poda e aos 6 meses,

variou entre 89,67cm a 177,33cm. Observou-se para as elites selecionadas com PD, uma média de crescimento de ramos de 54,53cm e 125,33cm aos 3 e 6 meses respectivamente, variando valores entre 35,67cm a 93,00cm aos 3 meses pós poda e de 73,67cm a 190,67cm aos 6 meses pós poda. Estes valores obtidos pelas elites foram no mínimo 30% acima da média de crescimento de ramos das suas parcelas, com destaque para o genótipo T2B1AR16 – PD, o qual cresceu quase 100% a mais que sua correspondente parcela nos dois períodos, mostrando-se de excelente qualidade para esta variável.

Apesar das plantas PR representarem por volta de 43% apenas do total de ramos crescidos, estas cresceram em média de 6 a 13% a mais que as de PD. Ou seja, tem menos plantas selecionadas de PR em relação às de PD (10 PD e 7 PR), porém a média de crescimento das PR é maior que as de PD. Isso nos faz recomendar a PR, um tipo de poda mais branda como prática para o manejo e cultivo da espécie, e ainda pelo fato de ter sido observado nesse experimento, uma maior mortalidade das plantas PD em relação às PR, especialmente se a nutrição do solo (adubação) é mais fraca. Para se eleger genótipos elites para a espécie, é importante e determinante que estes possuam esta característica de rebrota, lançar novos ramos após sofrerem a injúria da poda, pois no ato da colheita dos frutos da aroeira já é feita uma poda, isto é, cortes com facão dos ramos produtivos são feitos nesta etapa. A planta elite deve ter vigor suficiente para reagir, brotar e restabelecer a sua capacidade fisiológica para uma nova safra.

4.4.2.4. Biologia floral e arquitetura das plantas

A floração dessa população de aroeira que foi plantada em 2013 iniciou-se no mesmo ano, intensificando-se a partir de 2014. O resultado da seleção de plantas elites com base no período floração (precoce ou tardia), foram selecionadas 5 plantas (genótipos: T2B3F10, T4B1F6; T4B2F3; T4B2F10 e T5B2AR21) que apresentaram floração precoce e não houve planta tardia, ou seja, não foram observadas plantas com floração tardia nos dois anos consecutivos. A curva de floração em 2015 (Figura 15) ilustra a época de floração que antecede as duas safras de produção de frutos do ano, sendo um pico principal de florada observado no mês de março e um menor no mês de outubro. Os dados da safrinha (pequena produção fora de época - de outubro a dezembro) não foram utilizados, pois houve muita variação entre as plantas.

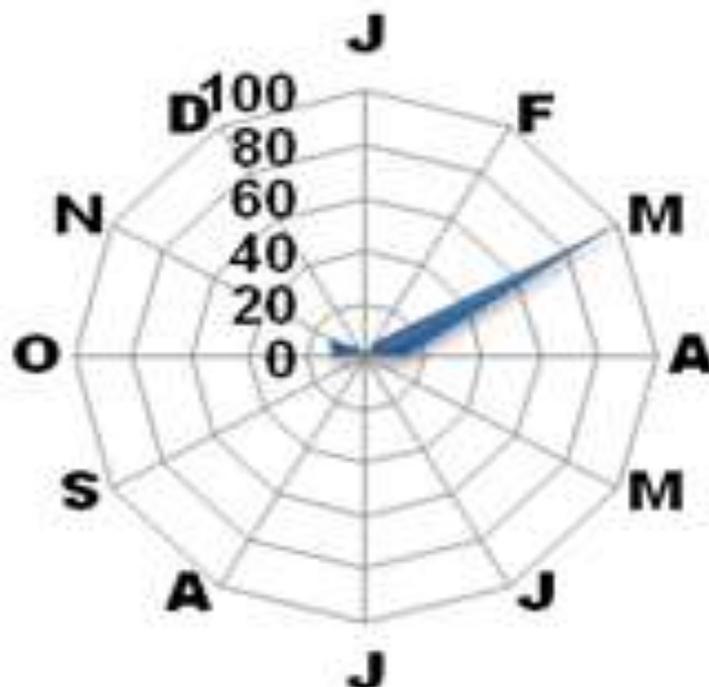


Figura 15 - Representação gráfica da distribuição dos dois períodos de floração da aroeira no ano de 2015, na área experimental de Linhares-ES.

O número mínimo de indivíduos para se efetuar a colheita é generalista e não contempla as variações que efetivamente ocorrem que, segundo RAVEN *et al.* (2001), são principalmente de acordo com o perfil floral da espécie (1), além do seu comportamento ecológico (2). Assim, no primeiro caso, as flores das Fanerógamas/Espermatófitas podem ser unissexuadas (díclinas) ou bissexuadas (monóclinas). No caso das flores díclinas, é mais fácil entender a maior variabilidade genética, pelo fato de não ocorrer autopolinização. Já no caso das espécies com flores monoclinas, que são dotadas de estruturas sexuais masculinas e femininas, existem mecanismos que promovem (ou visam promover) fecundação cruzada, como é o caso do “isolamento físico” (distanciamento de antera e estigma), do “isolamento temporal” (protandria/ protogenia) e “incompatibilidade genética”. No segundo caso, é possível afirmar que o número de indivíduos de cada espécie é muito variável, entre outros em função do grupo sucessional a que eles pertencem (KAGEYAMA; GANDARA, 1999).

Com relação à sexologia das plantas, dentre os 100 genótipos das elites selecionadas, estão incluídas 2 são hermafroditas, 1 sem sexo definido, 26 com flores estaminadas (masculinas), 71 com flores pistiladas (femininas). Sinergicamente,

foram também observadas quanto à formação de copa, as masculinas preferencialmente em formato de taça, mais ereta, com galhos ortotrópicos - de crescimento vertical que apresentaram excelente carga de floração, pensando na disponibilidade de pólen. Já nas plantas com flores pistiladas (femininas), além de boa carga de floração, eram considerados formatos de copa mais prostrados, pensando numa maior facilidade de coleta dos frutos, uma vez que normalmente esses ramos plagiotrópicos ou secundários, são os ramos produtivos da planta, com crescimento horizontal e estão presentes em maior número. Importante registrar que estes parâmetros foram utilizados para selecionar plantas não só na área experimental, mas também de plantas em comunidades rurais. Portanto, o hábito de crescimento das plantas, de forma complementar e qualitativa contribuiu para esta seleção, variando as observações entre as que apresentavam copa com comportamento ereto, semiereto, espalhado e prostrada, que são importantes para o planejamento do manejo da cultura. A obtenção de material propagativo originado a partir de estacas de ramos plagiotrópicos, pode favorecer a produção de mudas clonais que darão origem a árvores de menor porte.

Por serem raras e ainda pouco estudadas, as 2 plantas hermafroditas (genótipos: T5B1F1 e T6B3F8) selecionadas na área experimental, além de apresentarem esta característica excepcional de ter os aparelhos reprodutores masculinos e femininos em sua estrutura floral, contribuíram, ainda que em menor escala, com a produção de frutos na sua parcela (Figura 16). Esta observação nos leva a discussão, se estes órgãos reprodutivos estariam funcionais, se o pólen produzido por estas plantas estão ativos. Nas referências bibliográficas consultadas, a aroeira é considerada “funcionalmente” uma espécie dioica com flores díclinas, pois suas flores masculinas possuem dez estames e gineceu reduzido, sem óvulo funcional no interior do ovário. As flores femininas apresentam gineceu com estigma trilobado, um único óvulo e androceu não funcional com dez estames reduzidos (estaminóides), com suas anteras sem produção de pólen. Apresenta polinização cruzada (alogamia/xenogamia), sendo o transporte de grãos de pólen efetuado por insetos polinizadores.

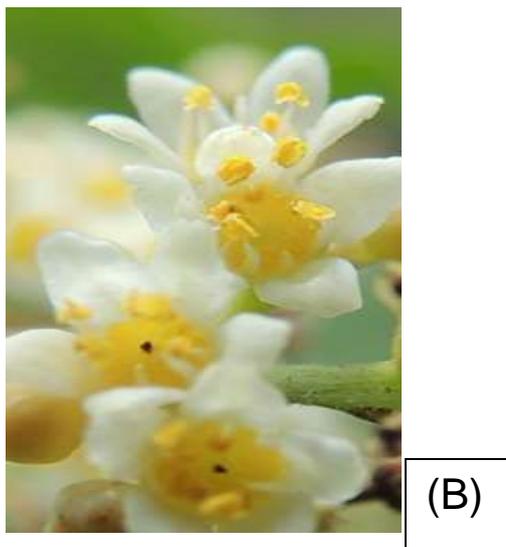


Figura 16 - (A) Ramo floral de planta pistilada (feminina - ♀), onde podemos observar a formação do fruto e as flores com presença de estaminoides. (B) Flores estaminadas (masculinas - ♂).

A população de plantas de aroeira foi bastante heterogênea tanto em áreas nativas quanto em área de cultivo comercial onde as mudas plantadas são provenientes de sementes obtidas sem qualquer seleção de matrizes, o que resulta em respostas sem padrões de comportamento, onde a carga genética da planta é que dita o seu grau de sucesso em determinada característica.

É comum observarmos em uma mesma área plantas de sexos diferentes, em que a presença de um grande número de plantas com flores masculinas resulta em baixa produtividade por perda das áreas plantadas, inviabilizando a sua exploração

econômica por agricultores, principalmente aqueles de base familiar, os quais possuem limitações em termos de área cultivável. Este fato fica evidenciado na figura 17, que mostra claramente a porcentagem de plantas macho (estaminadas), fêmeas (pistiladas) e hermafroditas na população heterogênea de aroeira da área experimental do Projeto Biomas, onde o levantamento realizado evidenciou que praticamente 50% de toda população, ao longo dos 3 anos de monitoramento, era constituída de plantas masculinas e portanto, improdutivas. Supondo ser esta uma representação de área de cultivo comercial de aroeira, o agricultor neste caso perderia 50% da sua área de cultivo.

A seleção e melhoramento genético são importantes aliados no caminho de maior padronização de produção, qualificação do produto final e agregação de valor desta cultura agrícola, tendo em vista que frutos de melhor qualidade alcançam maior preço de mercado, trazendo benefícios portanto ao produtor tanto em ganho de área produtiva quanto em valor de seu produto. Porém, se por um lado a padronização reduz riscos na atividade agrícola, a falta desta caracterizada pela riqueza na diversidade biológica intraespecífica se torna um ponto positivo na busca por variedades e características diversas para seleção.

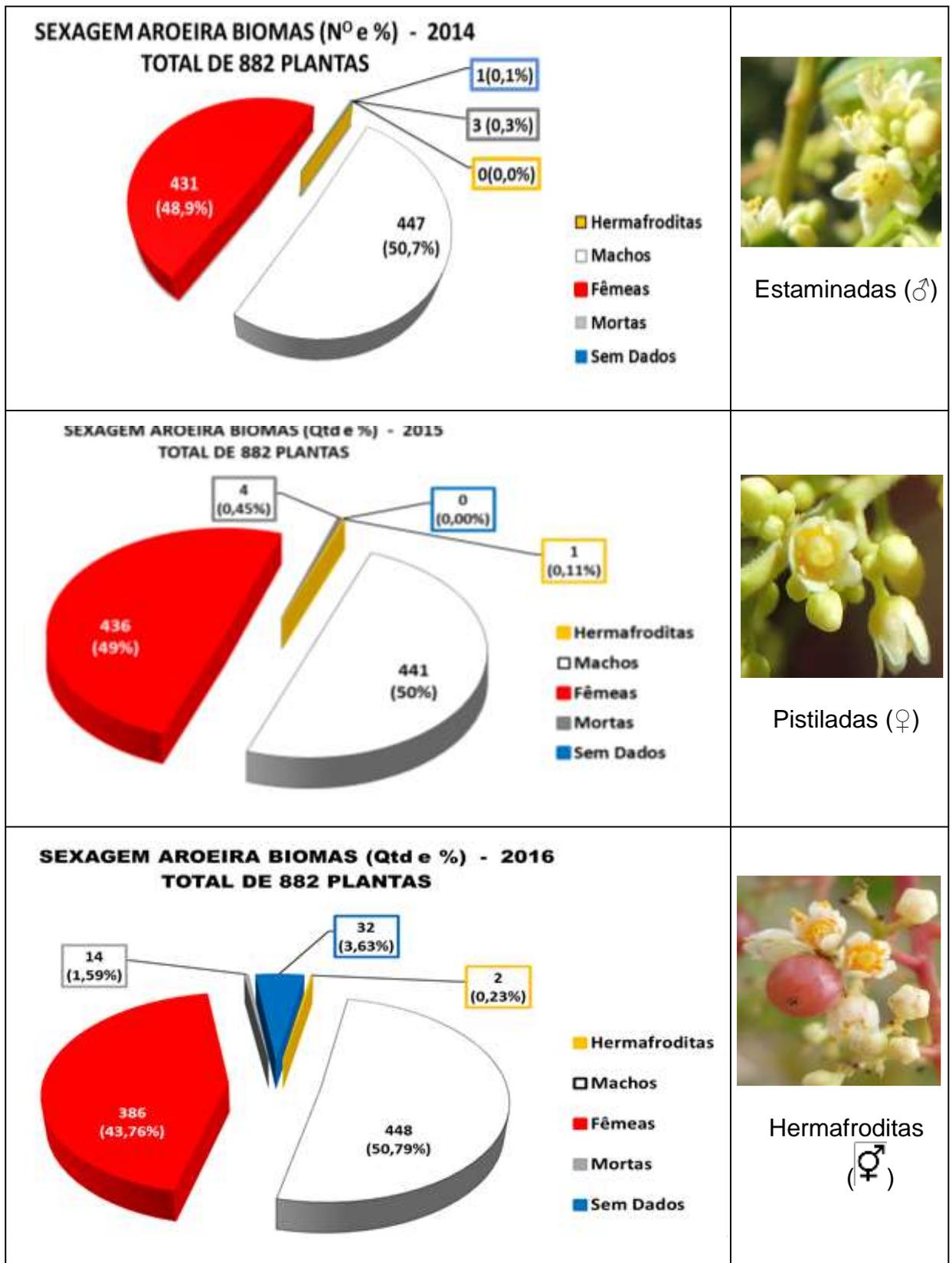


Figura 17 - Porcentagem de plantas com flores estaminadas, pistiladas e hermafroditas em uma população heterogênea de aroeira da área experimental do Projeto Biomás/Mata Atlântica, município de Linhares-ES, nos anos de 2014, 2015 e 2016.

Quanto à determinação do dimorfismo sexual e arquitetura das plantas, considerando que plantas classificadas como dióica apresentam somente flores estaminadas ou pistiladas e díclina flor que apresenta ou só gineceu (flor pistilada) ou só androceu (flor estaminada), vimos contribuir com questionamentos, a partir das observações no campo experimental e de relatos de produtores rurais sobre qual seria a condição da aroeira diante desta questão. Tendo em vista que nas áreas de cultivos comerciais da aroeira, é cada vez mais frequente verificarmos a presença apenas de plantas produtivas e, portanto, que possuem flores com aparelho reprodutor feminino, daí o nosso questionamento sobre a origem do pólen que fecunda tais flores, senão delas mesmas. Pode ocorrer polinização dessas plantas por insetos polinizadores que carregam o pólen de plantas estaminadas de áreas vizinhas ou naturais próximas até as plantas “fêmeas” (pistiladas) dos locais de produção das aroeiras, porém, segundo informações dos produtores, as plantas masculinas se encontram distantes da região e em quantidade que dificilmente seria suficiente para que polinizadores pudessem trazer o pólen para fecundar aquela quantidade de flores femininas da área de cultivo com produção em maior escala.

Numa área de cultivo, cujo pomar se apresenta apenas com plantas produtivas de aroeira, sem existir nenhuma planta que só possua androceu (estaminada) e tem grande produção de frutos a polinização teria que ser efetiva, com pólen oriundo das próprias plantas e, portanto, a aroeira não seria planta dióica como relatam diversas bibliografias, mas sim hermafrodita, podendo possuir ambos os aparelhos reprodutores funcionando ativamente. Estas poderiam fornecer pólen em quantidade suficiente para polinização cruzada ou delas mesmas. Recomenda-se maiores pesquisas e testes para verificação da atividade do pólen em áreas cultivadas com mudas clonais, desprovida de plantas masculinas e aplicação de técnicas a fim de garantir a procedência do pólen, para avançarmos nos estudo sobre populações de aroeira.

Estes resultados e observações *in locu* vem confirmar o que já foi descrito em algumas referências bibliográficas, como no caso da revisão bibliográfica apresentada em Lenzi e Orth (2004), onde apresentam a indicação de dimorfismo reprodutivo na aroeira nos quais estudos da morfologia e anatomia floral da aroeira realizados por Oliveira (1965), Fleig (1987) e Fleig e Klein (1989) demonstraram a existência de um padrão diferenciado de apresentação das flores, em função da redução ou aborto do

gineceu e redução ou aborto do androceu. Este padrão torna as flores semelhantes, ou seja, apesar de consideradas morfologicamente diclinas, estas são aparentemente monóclinas. Quanto ao tamanho das estruturas reprodutivas, Fleig (1987) relata que as panículas masculinas são de maior tamanho. Com esta perspectiva, pressupõe-se à existência de dimorfismo reprodutivo na aroeira vermelha, estando esse fato, relacionado a uma possível competição intra-sexual entre os indivíduos masculinos.

O conhecimento da fenologia reprodutiva da população de aroeira através da avaliação do seu sucesso reprodutivo pode ajudar no planejamento e manejo da cultura, bem como na comercialização dos frutos. A produção e qualidade de frutos serão determinadas pela medição da massa e análises fitoquímicas, expostas no capítulo 2.

4.4.2.5. Pilosidade das plantas

Selecionou-se plantas que visivelmente apresentavam tricomas (pelos) na folhas, pois esta característica diferenciada costuma ser relatada como sendo associada a uma maior resistência da planta às pragas e doenças, relacionando também a uma maior produção e concentração de óleos essenciais, que conferem uma maior proteção da planta. É inegável que a preocupação com a suscetibilidade das plantas a pragas e doenças é fundamental no manejo e cultivo de qualquer cultura agrícola. Para esta característica foram selecionados 5 genótipos (ARMARA01, ARAGRO01 e mais 3 outros ainda sem codificação) provenientes de áreas de propriedades rurais visitadas. Estes foram clonados e introduzidos no BAG de aroeira da Fazenda do Incaper já mencionado.

Os materiais botânicos dos 11 genótipos codificados, herborizados e caracterizados, cujas exsiccatas foram depositadas no herbário VIES da Ufes, receberam os seguintes números de tombo: 39056; 39057; 39058; 39059; 39060; 39061; 39062; 39063; 39064; 39065; 39066. A seleção de genótipos de plantas elites potenciais para todas as variáveis estudadas encontra-se exposta no gráfico da figura 18. Para determinar o resultado final da seleção de genótipos de plantas elites, buscou-se atender todos os critérios estipulados, já esclarecidos na metodologia totalizando um quantitativo de 207 genótipos de aroeira com repetições, sendo 100 genótipos sem repetição, para todas as características qualitativas e quantitativas determinantes consideradas.

Os genótipos considerados elites estão sendo clonados e incorporados ao BAG de Aroeira do Incaper implantado na da Fazenda Experimental Engenheiro Agrônomo Reginaldo Conde- FERC / Jucuruaba, localizada em Viana – ES (Figura 19).

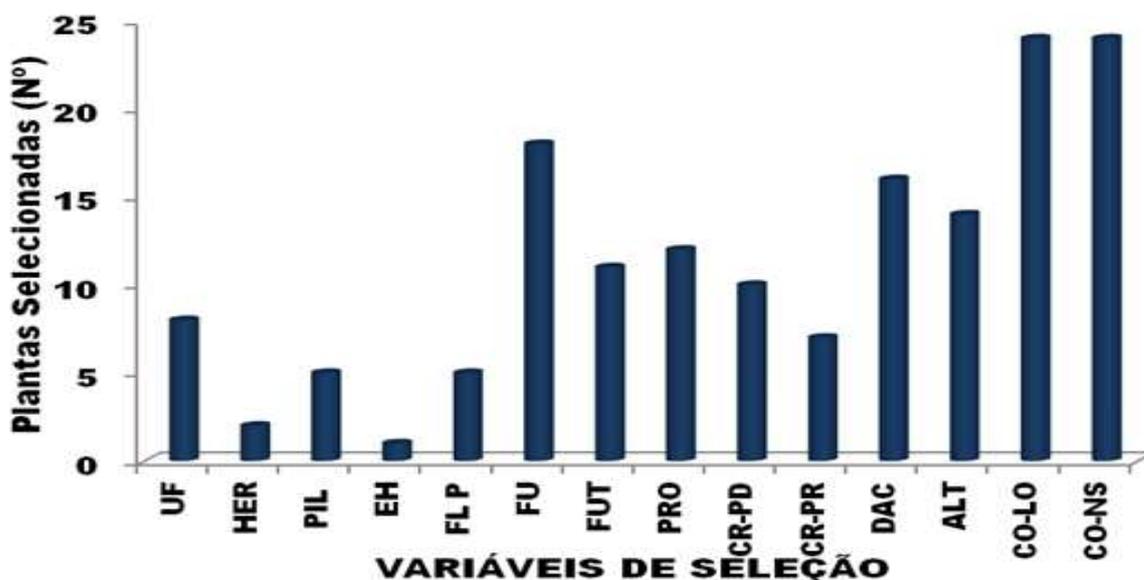


Figura 18 - Número de plantas selecionadas em uma população de aroeiras, com base nas principais variáveis de seleção: UF- Uniformidade de frutificação; HER- Plantas com flores hermafroditas; PIL- Plantas pilosas; EH- Tolerância ao estresse hídrico; FLP- Floração precoce; FU- Frutificação concentrada; FUT- Frutificação tardia; PRO- Produção; CR-PD- Crescimento dos ramos com poda drástica; CR-PR- Crescimento dos ramos com poda de ramos; DAC- Diâmetro a altura do colo; ALT- Altura da planta; CO-LO- Diâmetro da copa –Leste Oeste; CO-NS- Diâmetro da copa –Norte Sul.



Figura 19 - Planta elite de aroeira na área experimental com bom porte e boa formação de copa, matriz para clonagem.

4.5 CONCLUSÕES

Com base nos descritores biológicos foram selecionados 100 genótipos que se destacaram de acordo com as variáveis botânicas, de potencial de resistência ao estresse hídrico, pragas e doenças, características agronômicas, arquitetura de copa, produção precoce e tardia, Dendrometria e alto potencial produtivo que viabilizem o aproveitamento agronômico. Das plantas selecionadas doze foram consideradas elites em relação à característica de produção, sendo cinco consideradas excelentes por alcançarem média de produção 30% acima das médias obtidas em 2014 e 2015.

Os genótipos selecionados serão caracterizados e disponibilizados no Banco de Germoplasma de Aroeira do Incaper, na Fazenda Experimental de Jucuruaba, Viana-ES, podendo ser distribuídos de acordo com normas da instituição, como material propagativo de qualidade para produtores rurais envolvidos com a produção comercial de aroeira.

A espécie demonstrou ser extremamente sensível ao encharcamento, tendo-se selecionado apenas uma planta com tolerância ao estresse hídrico, o que sugere não ser recomendada para plantio em áreas de forte influência de excesso de umidade no solo, e/ou seca;

Observou-se que a espécie tem grande variabilidade genética, fenotípica e produtiva, possibilitando atender demandas para indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas, desde que seja utilizado material propagativo devidamente selecionado;

A seleção de genótipos com alto potencial produtivo sinalizam para a necessidade de estabelecer estratégias técnicas na transição dos processos de extrativismo para cultivos comerciais sustentáveis;

Os resultados possibilitaram a seleção de genótipos com alta produtividade e deverão impulsionar o melhoramento genético da aroeira para o desenvolvimento de novas cultivares, com potencial agronômico e comercial.

4.6 REFERÊNCIAS

- BARTLETT, M.S. The use of transformations. **Biometrics**, v.3, p.39-52, 1947.
- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUEZ, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (ed.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES. 1993, p.83-135.
- BENCKE, C. S.C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasil. Bot.**, v.25, n.3, p.269-275, 2002.
- CARVALHO, P.E.R. Competição entre espécies florestais nativas em Irati-PR, cinco anos após o plantio. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v2, p.41-45, 1981.
- CZERMAINSK, A, B, C. Generalização de um índice de intensidade de infecção em experimentos de avaliação de doenças em plantas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p.1545-1555, 1999.
- CESÁRIO, L. F.; GAGLIANONE M. C. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 828-833, 2008.
- COCHRAN, W.G. Analysis of variance for percentages based on unequal numbers. **Journal of the American Statistical Association**, v.38, p.287-301, 1943.
- DEDECEK, R.A.; RAMOS, M.R.; CURCIO, G.R.; GOMES, J.B.V. Características físico-hídricas. In: PRADO, R.B.; FIDALGO, E.C.C.; BONNET, A. **Monitoramento da revegetação do COMPERJ**: etapa inicial. Brasília: Embrapa, 2014. p.119-137.
- DUARTE, M. R.; SCHRODER, L. M.; TOLEDO, M. G.; YANO, M.; MACHADO, A. A.; MODOLO, A. K. **Anatomia foliar comparada de espécies de aroeira: *Myracrodruon urundeuva* Allemão e *Schinus terebinthifolius* Raddi**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2009, 11 p.
- ESKRIDGE, K.M. Statistical analysis of disease reaction data using nonparametric methods. **HortScience**, v.30, p.478-481, 1995.
- EWEL, J. J., D. S. OJIMA, D. A. KARL, and W. F. DEBUSK. 1982. ***Schinus* in successional ecosystems of Everglades National Park**. South Florida Research Center Report T-676. 141 p.
- FOURNIER, L. A. Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas en arboles. **Turrialba**, San Jose, v.24, n.4, p.422-423, 1974.
- GILBERT, B.; FAVORETO, R. *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Fitos**. Rio de Janeiro. v.6, n1, p. 43-56, 2011
- HUGHES, G.; MADDEN, L.V. Some methods allowing for aggregated patterns of disease incidence in the analysis of data from designed experiments. **Plant Pathology**, v.44, p.927-943, 1995.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Restauração, conservação genética e produção de sementes. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR: CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. p.59-68.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. RIMA, São Carlos. 2000, 531p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA. 2004. 531 p.

LENZI, M.; ORTH, A.I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**. v.17, p.67-89, 2004.

MABBERLEY, D.J. **The plant book: A Portable Dictionary of the Higher Plants**. 2.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 874 p

MACIEL, M. A. M.; PINTO, A.C.; VEIGA JR.,V.F. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p.429-438, 2002.

McKINNEY, H.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **J. Agri. Res.**, v.26, p.195-217, 1923.

NAKATA, P. A. Advances in our understanding of calcium oxalate crystal formation and function in plants. **Plant Sci.**, Limerick, v. 164, p. 901-909, 2003.

NETO, C.F.O.; LECHINOSKI, A.; FREITAS, J. M. N. de; CASTRO, D. da S.; LOBATO, A. K. S.; CUNHA, R. L. M.; COSTA, R.C.L. Influência do estresse hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f). **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.S2, p.927, 2008.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A.M. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: Incaper, 2013.140p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 6ª edição, 2001. 906 p.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas**: mensuração do crescimento. Belém: CPATU, 35p. 1979.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**. Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues, v. 70, n. 34/35, p. 5-525, 1983.

RUAS, F, K. Índice de qualidade e bioatividade da matéria orgânica em solos do bioma Mata Atlântica. 2015. 62 folhas. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas) - Universidade Vila Velha (UVV). Vila Velha- ES, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAIZ L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

SILVA, J.G.C. da. Análise estatística de um novo índice de intensidade de infecção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: Série Agronomia, Rio de Janeiro, v.4, n.2, p.3-7, 1969.

Silva, M.A.V., Nogueira, R.J.M.C., Oliveira, A.F.M., Santos, V.F., 2008. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. **Rev. Árvore** [online]., v.32, n.2, p.335-344. 2008.

5 CAPÍTULO 2.

ESTRATÉGIAS DE MANEJO COM ADUBAÇÃO E PODA NA PRODUÇÃO COMERCIAL DE AROEIRA

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência do manejo em aroeira (*Schinus terebinthifolius*), visando aumentar a produtividade e a qualidade do produto, foi avaliado o comportamento de uma população heterogênea de plantas em uma área de cultivo experimental, com 6 diferentes tipos de adubação e dois sistemas de poda, em relação à produção, desenvolvimento da planta (diâmetro do caule ao nível do colo, altura e área de copa) e perfil químico dos frutos e folhas. O experimento foi montado em blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos de adubação testados foram: T1 = testemunha; T2 = 100 g de NPK (10:30:10); T3 = T2 + 2 g de B (ácido bórico); T4 = T2 + 4 g de Zn (sulfato de zinco); T5 = T2 + 2 g de B (ácido bórico) + 4 g de Zn (sulfato de zinco) e T6 = 500 g de esterco orgânico. Os resultados mostraram que a aroeira responde bem à adubação em termos de produção de frutos. Para os anos de 2014 e 2015, os tratamentos 1 e 6 obtiveram médias diferentes e abaixo dos outros tipos de adubação. Dentre as plantas que não sofreram poda, as que menos cresceram para todos os parâmetros de dendrometria analisados também foram os Tratamentos 1 e 6. O perfil químico dos frutos e folhas foi realizado por análises de cromatografia de camada delgada (CCD) e por Espectrometria de Massas e Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS). Não houve diferença significativa nas análises por CCD, entre o perfil químico de óleos essenciais e de flavonoides dos diferentes tratamentos. Nas análises de CG-MS verificou-se que os frutos produziram mais sesquiterpenos, enquanto que nas folhas foi observada a maior produção de triterpenos. Considerando os grandes grupos químicos de Sesquiterpenos, cardanóis e Triterpenos nas amostras dos tratamentos de adubação, verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Entende-se que a variação observada nos diferentes cromatogramas de CG-MS e de CCD e perfis de CCD, foi relacionada às características genéticas de cada planta, o que sugere que a exploração comercial da aroeira para fins farmacêuticos e alimentares deve ser iniciada com material propagativo clonado de plantas elites que apresentem características de interesse.

Palavras-chave: *Schinus terebinthifolius*, manejo, produção, Dendrometria, Aroeira, Flavonóides; Terpenos

5.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior biodiversidade de plantas do mundo, contando com um número estimado de mais de 20% do número total de espécies do planeta. O País possui a mais diversa flora, número superior a 55 mil espécies descritas, o que corresponde a 22% do total mundial. Esta rica biodiversidade é acompanhada por uma longa aceitação de uso de plantas medicinais e conhecimento tradicional associado (BRASIL, 2006; RODRIGUES, 2006, apud CARVALHO et al. 2007). A flora capixaba vem sendo foco de interesse econômico, sendo riquíssima em espécies que são utilizadas pela população como plantas medicinais, das quais a aroeira vem recebendo grande aceitação no mercado e recebendo incentivo de diferentes instituições.

As Anacardiaceae estão representadas por diversas espécies de uso medicinal, a exemplo das aroeiras. Sob essa designação comum, encontram-se *Myracrodruon urundeuva* (aroeira-do sertão) e *Schinus terebinthifolius* (aroeira-vermelha), entre outras espécies. Além de possuírem o mesmo nome vulgar, ambas apresentam folhas e cascas de caule com atividades antimicrobiana e anti-inflamatória. Por conta dessas semelhanças, confusões acabam ocorrendo entre a população e no comércio. Por conta do mesmo nome comum, que é atribuído a espécies medicinais diferentes, surgem confusões entre a população e no comércio. Inadvertidamente, uma espécie acaba sendo usada pela outra ou, intencionalmente, espécies correlatas substituem a farmacopeica. A monografia oficial se refere a *S. terebinthifolius* (SILVA, 1926 apud DUARTE, *et.al.*, 2009).

O Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (BANDES) vem apoiando produtores rurais no Norte do Estado, com exploração voltada ao processo produtivo pioneiro de 145ha de aroeira, com o objetivo de produção da pimenta rosa e fornecer biomassa para a indústria de óleos bruto e essencial de alto valor no mercado.

A pimenta rosa ou aroeira produzida pela espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi, é um produto brasileiro de exportação principalmente para a indústria alimentícia, em virtude de suas características condimentares, mas também na procura por substâncias quimiopreventivas, como flavonoides e outros fenólicos, justifica sua utilização como alimento, agregando valor ao produto agrícola.

Há uma forte demanda para orientar os produtores rurais e comunidades no cultivo e manejo da espécie de forma sustentável, pois na maioria dos casos, o que se observa são comunidades extrativistas, as quais necessitam utilizar métodos adequados de coleta e observar as recomendações do manual de boas práticas da agricultura.

Para a produção sustentável, é necessária a visão multidisciplinar de áreas como agronomia, biologia, química, farmácia, medicina, microbiologia, biotecnologia, entre outras, o que deverá fazer a caracterização multifuncional da planta e do óleo obtido de seus frutos, com a agregação de valor à matéria-prima vegetal, tornando-a uma nova fonte alternativa competitiva, além de viabilizar novas fontes de renda para os agricultores capixabas e dar o suporte necessário aos técnicos de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) e dos programas de financiamento para produtores rurais.

A identificação e caracterização de plantas matrizes mais produtivas, possibilitando o registro de novas cultivares, a identificação de novas substâncias e/ou frações ativas dos vegetais estudados com atividades antifúngicas, antibacterianas, acaricida e inseticida agregam valor a matéria-prima vegetal, contribuem para melhores preços no mercado nacional e internacional e para o crescimento das indústrias químicas e de produtos naturais capixabas. O desenvolvimento de novos produtos bioativos estimula também a manutenção e incremento do banco de germoplasma da espécie trabalhada de aroeira para futuras disponibilizações de material genético propagativo de qualidade validada. Portanto, os diversos usos da planta, seja para condimento, ou para exploração de subprodutos, tais como óleos, na medicina, indústrias alimentícias, de cosméticos, de produtos naturais, veterinários e até madeira, tende a potencializar a cultura no Estado.

O fruto da aroeira possui uma grande importância econômica devido às propriedades medicinais atribuídas ao seu óleo essencial, além disso, o mesmo também é utilizado como uma espécie de condimento alimentar em diversos pratos da culinária francesa onde é conhecido como *poivre rose* ou pimenta rosa devido ao seu sabor suave, adocicado e levemente picante e sua coloração rosa avermelhada (CARVALHO *et al.*, 2003; LENZI; ORTH, 2004).

Os frutos e folhas da planta são ricos em um óleo essencial e outros constituintes químicos de ampla utilização na indústria de alimentos, farmacêutica e de cosméticos, tendo também forte atividade antimicrobiana. A composição do óleo, assim como, a concentração de monoterpenos e sesquiterpenos presentes no mesmo podem variar de acordo com fatores ambientais (exposição ao sol, disponibilidade hídrica, tipo de solo onde a planta é cultivada, entre outros). O método de cultivo e o processo de extração também podem influir na composição e concentração do óleo essencial da aroeira (KWEKA *et al.*, 2011).

Em análise fitoquímica realizada por Lima e colaboradores (2006) no extrato etanólico obtido da entrecasca da aroeira, foram identificados fenóis, triterpenos pentacíclicos e antraquinonas; em extração com hexano utilizando a mesma parte da planta, os testes foram positivos para a presença de flavonas, flavonóides, xantonas e esteróides livres. Estudo fitoquímico da fase em acetato de etila oriunda do extrato em etanol das folhas de *S. terebinthifolius* conduziu ao isolamento de cinco compostos fenólicos: galato de etila, miricetrina, quercitrina, galato de metila e miricetina, supostamente responsáveis pela potente atividade antioxidante desta espécie (CERUKS, 2007).

Estudos no Núcleo de Pesquisas de Produtos Naturais da UFRJ foram isoladas e identificadas dos frutos, duas substâncias fenólicas, da classe dos biflavonóides, a agathisflavona e tetraidroamentoflavona. Tais substâncias são conhecidas por suas atividades anticancerígena, antiviral e antioxidante (OLIVEIRA, D. M., 2012). Os principais grupos de compostos com propriedades antimicrobianas extraídos de plantas incluem: terpenóides e óleos essenciais, alcalóides, lectinas e polipeptídios, e substâncias fenólicas e polifenóis, que são: fenóis simples, ácidos fenólicos, quinonas, flavonas, flavonóis e flavonóides, taninos e cumarinas (GONÇALVES *et al.*, 2005).

5.2 OBJETIVOS

Avaliar a influência da adubação e de sistemas de poda no desenvolvimento das plantas, produção e perfil químico determinada por métodos analíticos de CCD e por Espectrometria de Massas e Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS) dos frutos e folhas de aroeira;

Estabelecer recomendações técnicas quanto ao manejo de poda e adubação, bem como disponibilizar esses conhecimentos científicos para implementar ações de divulgação, difusão de tecnologias, extensão rural para os produtores rurais e comunidades interessadas no cultivo da aroeira.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental 2 de Aroeira do Projeto Biomas/ Bioma Mata Atlântica, coordenado pelo Incaper, localizada na propriedade do Sr. Silvestre Milanesi no município de Linhares – ES, nas coordenadas geográficas: 19°12'59.92”S e 40°03'03.08”W (Figura 1). O delineamento experimental foi de blocos casualizados com seis parcelas de adubação e subparcelas de poda e três repetições.

5.3.1 Manejo com adubação na produção da aroeira

As plantas de aroeira foram plantadas em fevereiro de 2013, em duas áreas experimentais do Projeto Biomas/Mata Atlântica (Figura1), em consórcio com maricá (*Mimosa bimucronata* (DC) Kuntze var. *bimucronata*) e guandu (*Cajanus cajan*(L.) Hunth.

O preparo do terreno para a instalação dos experimentos seguiu os seguintes passos: Eliminação de pastagem (*Brachiaria decumbens*; Sin.: *Urochloa decumbens*) com o uso de herbicida (glifosato); aplicação de 2000 kg de calcário dolomítico, distribuído uniformemente na área de plantio; abertura de covas das espécies florestais com 20 cm de lado e de profundidade com moto-coveadora e por fim, a adubação de plantio na cova conforme tratamentos definidos a seguir (excluindo covas abertas para maricá e guandu).

O plantio das espécies florestais foi feito com o uso do hidrogel Stockosorb Micro® (Copolímero de Poliacriato de Potássio), com capacidade retenção água de 180%, CTC=3.100m.mol/dm³ e densidade em Massa=580 - 800gr/litro, utilizando o volume de 3% do produto concentrado/litro e 2-3 litros de calda por cova, seguido de irrigação localizada para assegurar o pegamento e manutenção do stand inicial.

As mudas das espécies florestais foram produzidas em sacos plásticos de polietileno de 6 x 14 cm (diâmetro x altura). A produção do total das mudas para o experimento foi fornecida pela coordenação Regional do Projeto Biomas, do bioma Mata Atlântica, considerando a logística local (viveiro da Reserva Natural Vale e de particulares conveniados ao projeto).

O espaçamento da aroeira nesta área foi fixado em 3,5 x 3,0 m (entrelinhas x entre

plantas). O delineamento estatístico foi de blocos casualizados com parcelas quadradas de 49 plantas (7 x 7) e três repetições. A adubação de plantio consta da aplicação das seguintes quantidades por cova: T1 = testemunha; T2 = 100 g de NPK (10:30:10); T3 = T2 + 2 g de B na forma de ácido bórico; T4 = T2 + 4 g de Zn na forma de sulfato de zinco; T5 = T2 + 2 g de B na forma de ácido bórico + 4 g de Zn na forma de sulfato de zinco; T6 = 500 g de esterco orgânico. A área total é de aproximadamente 1,03 ha (Figura 1 e Apêndice A). Para as espécies maricá e guandu a adubação de plantio foi feita com 80 g de P na forma de superfosfato simples e 500 g de adubo orgânico.

O maricá e o guandu foram plantados, alternadamente, nas ruas de plantio da aroeira, na forma de quincôncio com esta espécie, dentro dos espaçamentos anteriormente citados.

A adubação de plantio e de cobertura das espécies maricá e guandu foram as mesmas usadas para aroeira. Outros tratamentos culturais envolveram coroamento das espécies lenhosas, roçagem mecanizada da leguminosa forrageira (se necessário) e controle de formigas. A aroeira sofreu poda de seus ramos após o término de cada período de frutificação, visando a formação de copa ideal à produção e coleta de frutos. O manejo do maricá e do guandu contemplou decape do caule a 30 cm do solo, com os resíduos sendo deixados à superfície do solo na forma de “mulch”.

A adubação de manutenção por cobertura foi feita anualmente, sendo que as quantidades aplicadas são as mesmas de cada tratamento por ocasião do plantio. A aplicação dos adubos mineral e orgânico em cobertura foi feita em torno das plantas trabalhadas, sob a projeção da copa.

A colheita dos frutos da aroeira das parcelas da área experimental foi feita com auxílio de facão para cortar os ramos produtivos e sobre uma mesa telada e uma pequena “vassoura” de mão feita com galhos da árvore cambucá (*Marlierea tomentosa* Cambess), semelhante ao processo que é feito nas comunidades rurais e de extrativistas, através do qual ocorre a separação das folhas e dos frutos com maior eficiência. Porém, as plantas marcadas nas quais a produção de frutos foi pesada individualmente, a colheita era manualmente, colhendo os cachos de frutos das plantas, pois estas não receberam poda.

Os dados de produção de frutos incluem a pesagem dos mesmos (massa fresca e seca) nas plantas selecionadas e em toda parcela, em acessos distribuídos nos diferentes tratamentos de adubação e poda, a fim de se avaliar o efeito da nutrição no desenvolvimento e adaptação das plantas selecionadas e em toda população.

Com a produção de frutos foi estimada a produtividade de aroeira e relacioná-la com os diferentes tratamentos de adubação.

Testes preliminares foram realizados da pesagem de 100 frutos de aroeira verdes e maduros colhidos da mesma planta e no mesmo horário, para determinar a diferença de peso entre a maturação, em 3 (três) repetições.

Para análise dos valores da produção de aroeira cultivada em diferentes condições de adubação nos anos de 2014 e 2015, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), usando o software ASSISTAT versão 7,7 Beta.

5.3.2 Manejo com poda na produção da aroeira

A aroeira sofreu poda de seus ramos após o término da frutificação em Agosto de 2015, de acordo com cada sistema de poda determinado, visando a formação de copa ideal à produção e coleta de frutos. O manejo do maricá e do guandu contemplou decepta do caule a 30 cm do solo, com os resíduos sendo deixados no solo na forma de cobertura morta.

Foram avaliados tipos de manejo da cultura, comparando diferentes padrões de forma e intensidade de poda da copa das matrizes e realizadas após três anos de cultivo, ou seja, na colheita dos frutos do segundo ciclo reprodutivo das plantas, em agosto de 2015. Em cada bloco plantado de matrizes, a cada três linhas de plantio aplicou-se três tratamentos de poda: 1. PR – Poda de ramos com frutos no ato da colheita; 2. PD - Poda drástica após colheita de ramos com frutos; e 3. SP/ CA - Sem poda, Colheita apenas dos cachos de frutificação, sem poda, na linha da borda (Apêndice A). Foi feita a medição em três ramos de cada planta, em 3 plantas de cada tratamento de poda (nos 6 tratamentos dos 3 blocos), para acompanhar o seu crescimento. A coleta dos dados de lançamento de três ramos da planta (cm) tomou como ponto inicial o lançamento do ramo na projeção do caule até a apical, sempre da parte mediana da

estrutura da planta (caule), formando um desenho triangular visto de cima da planta, selecionando ramos aleatórios.

Para avaliação do desenvolvimento das plantas, foram considerados os índices vegetativos de dendrometria, os quais são: Diâmetro à altura do colo- DAC (mm), altura (cm), arquitetura e área da copa (cm) – nos sentidos Leste - Oeste, Norte - Sul (LO, NS). Utilizou-se para medição trena e/ou régua (Suta Mantax Mecânica 650 mm) e paquímetro digital modelo 200 mm respectivamente. A caracterização da copa quanto à arquitetura, disposição e crescimento dos ramos, compondo uma gama de informações também foi realizada. Os dados de dendrometria foram colhidos em fevereiro de 2014 nos indivíduos na parcela útil de cada tratamento. Em fevereiro de 2015, foi somente realizado a mensuração dos dados daquelas parcelas selecionadas, onde ocorreu a poda no mesmo ano. Em 2016 (1^o ano de plantas com poda), repetiu-se a medição nas mesmas plantas de 2015, que estavam localizadas nas linhas do meio das subparcelas de poda, de acordo com os tipos de poda definidos (PR, PD e SP).

Na área experimental foi realizada uma amostragem de 270 plantas utilizadas para determinar os dados dendrométricos de maneira geral, sendo 10 (dez) plantas da parcela útil (excluindo-se a borda) de cada tratamento de adubação, e 5 (cinco) plantas localizadas na borda de cada tratamento nos três blocos. Deste total de plantas foram incluídas 113 que não receberam poda (SP-sem poda), 31 receberam Poda de Ramo (PR) e 32 foram submetidas à Poda Drástica (PD).

Para mensurar a capacidade da espécie de rebrota, ou seja, de lançamento e desenvolvimento de novos ramos após a poda, considerou-se uma amostra de 112 plantas para avaliar esta variável. No período de 3 e 6 meses após a poda, em 3 plantas de cada subparcela de poda (PR, PD) foram realizadas medições com fita métrica (cm) em 3 ramos aleatórios na região do terço vertical intermediário da copa de cada planta. Foi feita a média tirada desses 3 ramos da mesma planta e depois feito a média entre as 3 plantas de cada subparcela de poda, para cada tratamento de adubação, nos 3 blocos de plantio.

A coleta do dados dendrométricos e para análise foliar foi efetuada nas plantas centrais das linhas 2, 5 e 7 de cada bloco as quais representam as subparcelas de poda. Foi realizada a coleta em cada indivíduo da parcela útil, de dados de

crescimento (dendrométricos): altura (cm), área da copa (cm)- LO, NS - e diâmetro do caule (mm)-DAC, nos anos de 2014, 2015 e 2016, sendo que as amostras para análises foliares e de solo foram colhidas somente em novembro de 2015. A Linha 7 (L7) - borda foi destinada à permanência de matrizes controle, sem a poda para coleta de dados dendrométricos apenas para efeito de comparação (Apêndice A).

5.3.3 Efeito da Adubação no perfil químico da aroeira

Foi avaliado o efeito dos diferentes tratamentos de nutrição na qualidade fitoquímica dos óleos essenciais e flavonoides e outros constituintes químicos em folhas e frutos das plantas de aroeira.

Análises de Espectrometria de Massas e Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS):

As análises foram realizadas no Laboratório de Química de Petróleo (LabPetro) da UFES, em Vitória, sob a supervisão do Prof. Ricardo Kuster. Para avaliação química das folhas das plantas, foi realizada uma preparação que separou os constituintes vegetais nos grupos lipofílicos e hidrofílicos, para serem analisados por técnicas específicas destas classes:

1. Frutos ou folhas (1g) foram triturados em gel de sílica (1.5 g) para gerar uma solução sólida. 1g desta solução foi transferida para uma coluna de vidro e eluída com 40 mL de diclorometano e 40 mL de metanol. Após a eluição, cada amostra foi concentrada à secura e pesada.
2. O eluato metanólico (compostos hidrofílicos) foi analisado por espectrometria de massas, técnica (-)-ESI FT-ICR-MS.

O eluato diclorometânico (compostos lipofílicos) foi analisado por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS).

As análises cromatográficas foram realizadas comparativamente das frações polares com analisador tipo *rapid scanning quadrupole*. Foi usado um equipamento Shimadzu QP5050 GC-MS, com coluna DB-5 (30 m x 0.25 mm e espessura de filme de 0.25 µm, J&W Scientific), com energia de ionização de 70 eV. Como condições de funcionamento, a temperatura do injetor foi definida como 250 °C, e a temperatura do forno foi programada com uma temperatura inicial de 80 °C durante 2 min,

aumentando a uma taxa de 15 °C min⁻¹ a 260°C, em seguida, 5°C min⁻¹ para uma temperatura final de 320 °C, que foi mantida durante 10 min. O hélio foi utilizado como gás transportador com um caudal constante de 1,1 mL min⁻¹. Um microlitro da amostra foi injectada com uma razão de divisão de 70: 1. Os espectros de massa dos compostos extraídos foram comparadas com a base de dados NIST Mass Spectral (MS Search 2.0).

O extrato metanólico foi analisada em um espectrômetro de massa (Modelo 9.4 T Solarix, Bruker Daltonics, Bremen, Alemanha) configurado para operar no modo negativo, ESI (-), em uma faixa de massa de m / z 200-1300 . Os parâmetros da ESI (-) fonte foram estabelecidos com: pressão de gás nebulizador de 0,5-1,0 bar, voltagem capilar de 3-3,5 kV, e a temperatura de transferência capilar 250°C. O espectro de massa foi processado usando o software de análise de dados Compass (Bruker Daltonics, Bremen, Alemanha).

Extração da Tintura:

Frutos frescos de plantas marcadas em cada tratamento e repetição foram coletados na época de frutificação de 2015. Os frutos frescos (sem assepsia do material), foram fracionados em fragmentos reduzidos e colocados em estufa à T 100°C- 105°C, até peso constante. Foi realizado cálculo do teor de resíduo sólido (%R. sol./ vegetal “fresco”), onde a relação R. sol/volume final da TM, é de 1:10 (p/v). Os resultados foram expressos pela média de três determinações (FHB, 2011).

Como a espécie *S. terebinthifolius*, ainda não possui monografia de referência aprovada, o teor alcoólico do líquido extrator (EtOH), foi estipulado pela determinação do resíduo sólido (FHB, 2011): a) EtOH 90% (p/p) para R.sol. ≤ 29% (para plantas com alto teor de água); b) EtOH 80% (p/p) para R.sol.: 30% - 39% (plantas com médio teor de água); c) EtOH 70% (p/p) para R.sol. igual ≥ 40% (plantas com baixo teor de água). O volume de EtOH foi equivalente ao volume final de tintura-mãe que foi obtido subtraído do volume de água contido no vegetal fresco.

Na preparação da Tintura-mãe (TM), as amostras foram estabilizadas pelo processo de tratamento prévio, de acordo com a técnica de maceração (FHB, 2011), modificada por Sales (2013), utilizando percoladores. A biomassa foi deixada em maceração: 85% (p/v) VT EtOH/ 20 dias, em temperatura ambiente, com agitação diária. O

resíduo foi prensado e filtrado, e à biomassa formada será adicionado q.s. (quantidade suficiente) de EtOH numa mistura homogênea, até volume desejado. O produto ficou em repouso por 48hs, sendo posteriormente conservado em recipientes de vidro âmbar, bem fechados, protegido do calor e da luz direta. As tinturas obtidas foram análises por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas e por Cromatografia em Camada Delgada (CCD).

Análise por Cromatografia em Camada Delgada (CCD):

As análises seguiram as recomendações descritas em cromatografia em camada delgada da Anvisa (5.2.17.1), foram realizadas no Laboratório de Pesquisa do Instituto Federal do Espírito Santo (Campus Vila Velha), sob a supervisão do Professor Hildegardo Seibert França, seguindo o preconizado pela Farmacopéia Brasileira, 5a. edição (2010), que consistiu na separação dos componentes da amostra através da migração diferencial sobre uma fase estacionária composta por uma fina camada de adsorvente aplicado sobre um suporte plano. A fase móvel por sua vez é constituída pelo solvente e que permaneceu no interior da cuba de material de vidro, onde foram depositas as placas cromatográfica da fase estacionária, de sílica-gel GF254 (0,25 mm), em posição vertical sob uma atmosfera saturada fase móvel. No sistema de eluente para óleo essencial na fase móvel foi usado o tolueno e acetato de etila (93:7) com revelador vanilina sulfúrica. Para os flavonoides foi usado como eluente o acetato de etila: ácido fórmico: ácido acético e água (100:11:11:26) e como revelador NP/PEG.

As placas foram marcadas com uma linha na base e na parte superior, distantes em 1 cm das bordas. As amostras das tinturas foram dispostas em um espaço de 1 cm de largura em cima da linha de borda e distanciadas em 1 cm umas das outras.

Para a aplicação das tinturas nas placas foi usada uma micropipeta, e utilizados 30 µL de cada amostra. Após a aplicação as placas foram colocadas na cuba para eluir com suas determinadas fases móveis, assim que as substâncias atingiram a segunda linha a cromatoplaça foi retirada da cuba. Com a placa já seca aplicaram-se os reveladores utilizando algodão, previamente preparados para flavonóides (50,00 mL de metanol; 0,50 g de NP (metanol), 1% m/v; 50,00 mL de metanol; 2,50 g de PEG (polietilenoglicol), e para óleos essências (50,00 mL de Etanol; 0,50 g de vanilina; 90,00 mL de Etanol; 10,00 mL de ácido sulfúrico).

No caso dos óleos essenciais após a aplicação dos reveladores foi realizado o aquecimento da placa cromatográfica, para aquecê-las foi utilizada uma pistola de ar quente. Já para a análise de flavonóides é preciso que a visualização seja feita em uma Câmara Escura com a lâmpada de comprimento de onda 365 nm. Nas placas cromatográficas dos flavonóides foi utilizado um padrão para comparação do R_f, o padrão utilizado foi o Hiperosídeo (Hy).

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 Manejo com adubação na produção da aroeira

Na área experimental 2 (Figura 2) predominou o solo classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso típico (abrupto), textura arenosa / média, relevo plano (PA dx1) a suave ondulado (PA dx2) (Figura 20).



Figura 20 - Perfil de solo da área experimental da seleção das plantas de aroeira em um solo argissolo amarelo distrocoeso típico (abrupto), textura arenosa / média, relevo plano (PA dx1) a suave ondulado (PA dx2). (Fonte: Curcio, G.R.- Embrapa Florestas, 2012).

A tabela 6 de análise do solo encontra-se exposta abaixo e traz informações sobre as condições químicas do ambiente edáfico em que as plantas foram plantadas.

Tabela 6 - Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, na Área 2 do experimento com aroeira do Projeto Biomas em Linhares-ES. pH em água 1:1,5; Método de extração:1:1,5; Método de determinação: N: destilação; K,Ca,Mg, P, S, Fe, Mn, Zn. SB= Soma de Bases; CTC=capacidade de troca de cátions; V=saturação por bases; MO= Matéria orgânica.

Amostra MA5.2 Profundid.	pH	P	K	C	H+Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	K	SB	t	T	MO	V	m
(cm)	(H2O)	(mg dm ⁻³)	(mg g ⁻¹)	(cmolcdm ⁻³)						(%)				
0-20	3,95	0,00	0,00	29,95	17,66	3,78	0,70	0,00	0,70	4,48	18,36	5,16	3,81	84,37
20-40	4,05	0,00	0,00	27,30	17,48	3,74	0,65	0,00	0,65	4,39	18,13	4,71	3,59	85,19

Fonte: Ruas, 2015.

A CTC Total é a capacidade de troca de cátions do solo, medida à pH 7,0 também representada pela letra T. É uma das variáveis mais importantes para a interpretação do potencial produtivo do solo. Indica a quantidade total de cargas negativas que o solo poderia apresentar se o seu pH fosse 7. Essas cargas são aptas a adsorver (reter) os nutrientes de carga positiva (K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺), adicionados ao solo via calagem ou adubações, e outros como Al³⁺, H⁺, Na⁺ etc. A $T = K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + (H+Al)$ ou $T = SB + (H+Al)$. A CTC total (T) normalmente apresenta valor praticamente constante, porém, solos argilosos e/ou com elevado teor de matéria orgânica geralmente possuem elevada T, isto é, conseguem adsorver grande quantidade de nutrientes catiônicos (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

Quanto maior o teor de argila do solo, maior será a fixação de P e maior deverá ser a dose recomendada. Em solos arenosos, a fixação é menor e as plantas têm maior facilidade de absorver o P, exigindo menores doses de fertilizantes para atender à demanda (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013). A floração e frutificação da aroeira parece estar muito associada ao aumento da temperatura, oferta de água no solo e ao comprimento do dia.

A avaliação das repostas das plantas quanto ao efeito da nutrição a partir dos seis tipos de adubação testados foi sempre o foco principal da pesquisa, em especial para a produção de frutos. De forma complementar, informações que contribuam para a melhoria das técnicas de manejo e aumento da área cultivada da espécie dentro do

Estado, foram sendo aprimoradas e enriquecidas com visitas técnicas às comunidades rurais e setores desta cadeia produtiva.

Algumas indústrias, a exemplo do que ocorre na região de São Mateus- ES têm desenvolvido medidas para conscientização dos extrativistas e melhoria da qualidade dos frutos, como o fornecimento de mesas teladas aos produtores. Esta técnica foi também adotada na área experimental do Projeto Biomas, representando grande vantagem em relação ao método tradicional, no qual a derriça dos galhos era feita no momento da colheita e culminava no descarte de resíduos como galhos, folhas e frutos verdes ainda no campo. O refugo ou resíduo de folhas e frutos de aroeira é muito rico em constituintes químicos, tanto para óleo essencial, quanto para as moléculas mais polares, merecendo maior atenção da ciência no sentido de incentivar o aproveitamento de matérias –primas que são descartadas atualmente.

O processo de colheita com o uso da mesa telada trouxe várias vantagens em relação ao processo tradicional: diminuição da quantidade de frutos danificados, permanecendo sua polpa intacta; diminuição das impurezas; maior rapidez na colheita, e maior rendimento de frutos colhidos (kg dia^{-1}) por produtor. Há relatos de produtores informando que o rendimento de colheita passou de 50 kg dia^{-1} pessoa⁻¹ de frutos no método tradicional para 120 kg dia^{-1} pessoa⁻¹.

A colheita foi realizada seguindo a uniformidade de maturação dos frutos, o tamanho e coloração do fruto estabelecendo-se uma escala de maturação. Através dessas características foi possível uma montagem preliminar de escala de maturação de grãos de aroeira proposta (Figura 21).

Tomando-se como base esta escala de maturação proposta de forma preliminar (Figura 21), e prospectando dados para subsidiar o cultivo comercial de aroeira com recomendações de bons tratamentos culturais, o resultado da pesagem de frutos verdes e maduros da mesma planta, nos trouxe a informação de que a média de peso fresco de cem frutos verdes foi de 3,10g e a de frutos maduros 1,93g. Este dado nos revela, portanto uma quebra de 37,7% do peso do fruto verde para o maduro, pois ao perder água durante o processo de maturação o fruto fica mais leve. Este tema merece ser tratado em estudos específicos de pós-colheita, por exemplo, explorando possibilidades de atender diversos mercados.

Identificar ainda no campo o estágio de maturação dos frutos favoreceu a qualidade do produto final (frutos), uma vez que o ponto correto de colheita indica um melhor valor pago ao produtor ou extrativista. Os frutos de aroeira, quando colhidos “fora do ponto” de maturação fisiológica não amadurecem mais, perdendo qualidade e desperdiçando material na indústria, gerando grande quantidade de refugo.



Figura 21 - Escala de maturação dos frutos de aroeira (*S. terebinthifolius*) de acordo com os estádios fenológicos. Fruto verde (1); Fruto verde rosado (2); Fruto rosado (3); Fruto vermelho em “maduro-ponto de colheita” (4); Fruto vermelho intenso “passado” (5).

Os dados para produção de frutos de uma maneira geral (Figura 22) demonstraram que houve menor produção em 2015 do que em 2014, o que não era esperado em função da idade e desenvolvimento das plantas. Porém, como já foi relatado no capítulo 1, as condições de estresse hídrico que as plantas sofreram nesse período nos leva a sugerir que as plantas de aroeira foram nestas condições de solo do experimento muito sensíveis ao déficit de água. A temperatura alta na época de floração também pode ter sido um fator limitante no abortamento de flores.

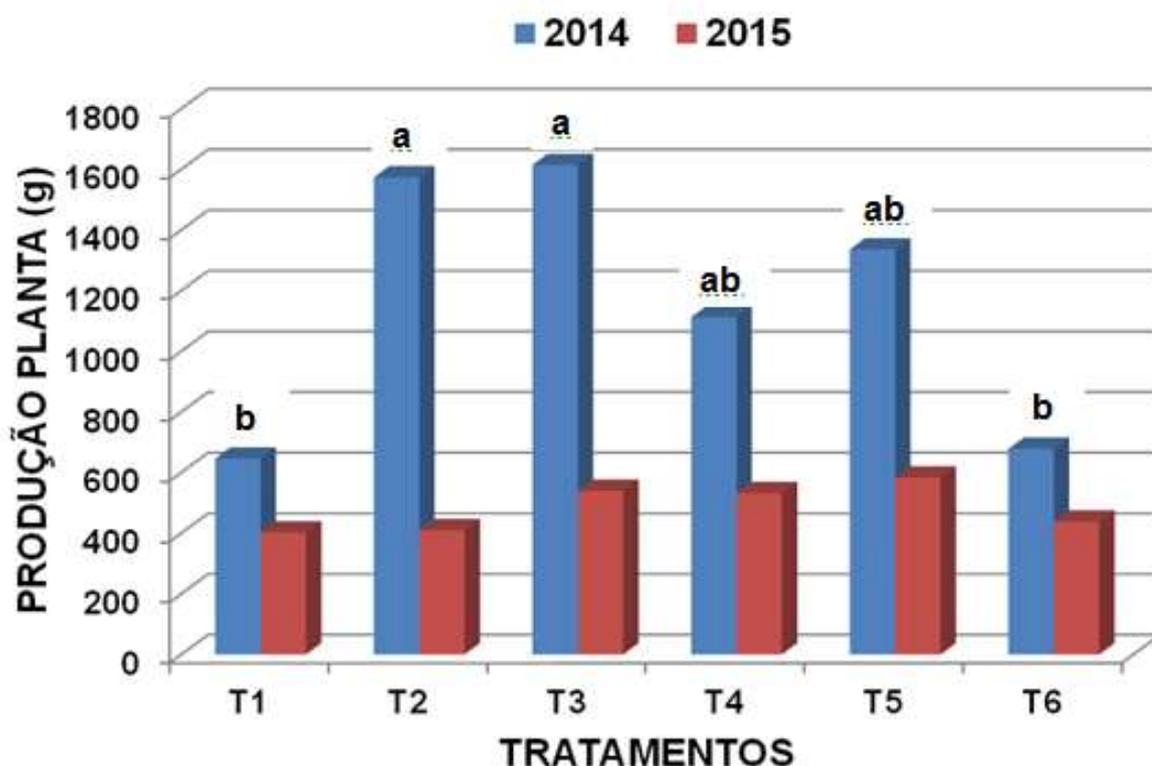


Figura 22 - Valores da produção de aroeira cultivada em diferentes condições de adubação nos anos de 2014 e 2015, Linhares-ES. Foi aplicado o teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

No ano de 2014 verificou-se que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos T2, T3, T4 e T5, que representam adubação com NPK, NPK + B (ácido bórico); NPK + Zn (sulfato de zinco) e NPK + B + Zn respectivamente, os quais apresentaram produção média de 1.113 g no tratamento T4 a 1.615 g no tratamento T3. Os tratamentos T1 (testemunha sem adubação) e o tratamento 6 (adubação orgânica) não foram estatisticamente diferentes entre si ($P < 0,05$), e também em relação aos tratamentos 4 e 5 (Figura 22). No ano de 2015, não houve diferença significativa entre os tratamentos de adubação. Considerando os dois anos de monitoramento de produção por planta, o tratamento T3 foi o que proporcionou o melhor resultado e os tratamentos T1 e T6 os piores. Características de variabilidade genética intraespecífica associadas aos fatores climáticos foram determinantes nestes resultados. As estatísticas descritivas dos dados gerais foram úteis para selecionar plantas, como exposto no primeiro capítulo.

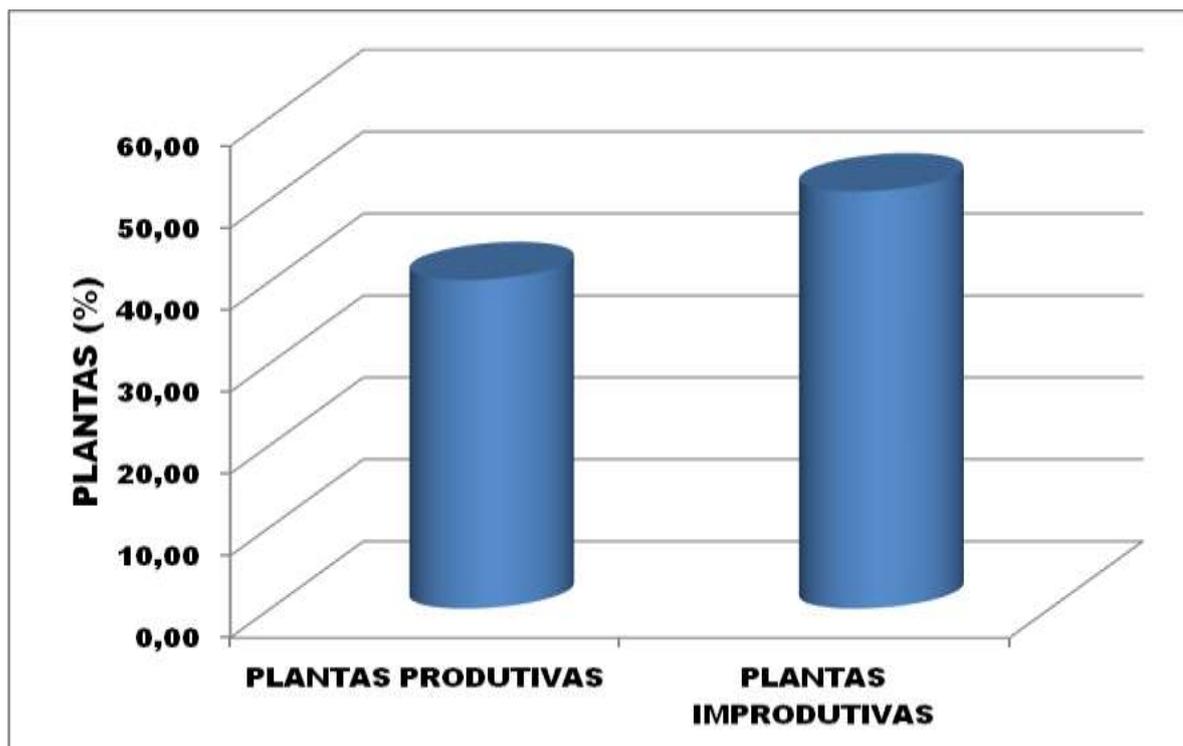


Figura 23 - Ocorrência de plantas produtivas e improdutivas (apenas com flores estaminadas) em uma população de plantas (N=882) cultivadas em Linhares-ES.

O percentual de plantas produtivas e improdutivas observadas no experimento justifica a recomendação para os produtores de aroeira de utilizar em plantas clonadas nos plantios comerciais. Conforme observado na figura 23 podemos inferir e reforçar que a prática de utilização de mudas clonais de aroeira possibilitará uma elevação da produção e produtividade média superior a 50% da obtida atualmente, uma vez que como vimos mudas vindas a partir de sementes podem conter mais de 50% do plantel da lavoura com plantas pistiladas (machos), as quais não produzem fruto, e assim, perde-se toda essa área de cultivo. Diante de evidências ecológicas da espécie, é importante manter uma pequena proporção de plantas masculinas na área cultivada, a fim de se aumentar a oferta de pólen e favorecer a fecundação cruzada, mas certamente não em tão alta percentagem quanto a observada em plantios com mudas a partir de sementes. Mais estudos científicos se fazem necessários para se obter um indicativo nesse sentido.

Há relatos de produtores que obtêm renda da atividade comercial de cultivo e comercialização de frutos de aroeira, que sua produção chega a 25Kg por planta com idade de 6 anos, porém, em condições especiais de clima, solo e manejo. Em talhão da área de estudo, considerando plantas jovens (com 2 anos de plantio), para o ano

de 2014, a produção média de árvore de aroeira estimada no experimento variou de 0,60 Kg/planta (observada no tratamento T1) até 1,61Kg /planta (observada no tratamento T2) na safra principal. Já para o ano de 2015, a maior produção média por árvore foi de 0,64Kg/planta no tratamento T3 e a menor foi de 0,36 kg/planta, no tratamento T4. A maior produção observada por planta foi de 2,73 Kg no tratamento T2 em 2014, e 3,58 kg em 2015 no mesmo tratamento. Isso representa em termos financeiros um ganho de aproximadamente R\$20,00 (vinte reais) a R\$25,00 (vinte e cinco reais) por planta produtiva, considerando o valor de mercado para frutos de aroeira para R\$7,00 (sete reais)/kg. Com a adoção boas práticas culturais para a espécie e a implantação de pomar com mudas clonais selecionadas, essa média pode ter um acréscimo.

Com relação aos dados dendrométricos do DAC (mm) de 2014, considerando que a mediana foi de 44,65mm foi possível selecionar plantas que estiveram 30% acima desta média, tendo sido o critério de seleção que foi adotado. Estas plantas foram observadas no campo e também nas avaliações dos 2 anos seguintes para refinamento dos dados.

Considerando a resposta do desenvolvimento das plantas em relação aos tratamentos de adubação (Tabela 7), e, observando a tabela de análise estatística de dendrometria para os anos de 2014 e 2015, podemos perceber que em termos gerais, os tratamentos 1 e 6 (os quais representam o testemunho e adubo orgânico respectivamente) obtiveram médias diferentes e abaixo dos outros tipos de adubação, sugerindo que estes parâmetros de crescimento medidos nas plantas podem ser influenciados de forma positiva com aporte de diferentes fontes de nutrição. As médias de crescimento tanto no ano de 2014 como 2015 mostraram semelhança entre os tratamentos T2 e T5 principalmente, tendo sido estes os que melhores resultados apresentaram, seguidos do T4, sendo que estatisticamente não apresentaram diferenças significativas entre estes.

Tabela 7 - Influência da adubação no desenvolvimento de plantas de aroeira que não haviam recebido poda, em relação às variáveis dendrométricas, em Linhares-ES nos anos de 2014 e 2015.

Trat	2014				2015			
	DAC ¹	Alt	Dia L-O	Dia N-S	DAC	Alt	Dia L-O	Dia N-S
T1-	32,7 c	121,4 b	165,0 b	155,7 b	51,9 c	136,8 b	219,8 b	218,6 b
T2-	50,9 a	166,4 a	230,4 ab	244,7 a	83,9 ab	216,4 a	327,0 a	335,5 a
T3-	45,2 ab	153,5 ab	209,4 ab	211,2 ab	72,8 b	194,0 a	281,1 ab	285,6 ab
T4-	48,5 a	155,0 ab	240,1 a	235,3 a	92,1 a	196,5 a	300,3 ab	309,8 ab
T5-	49,9 a	155,4 ab	247,2 a	246,7 a	74,7 b	200,1 a	321,1 a	341,9 a
T6-	38,7 bc	130,6 ab	201,7 ab	192,1 ab	57,2 c	145,8 b	253,5 ab	254,0 ab
CV (%)	7,48	9,33	11,90	12,27	6,69	8,50	12,45	13,47

¹Médias de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fica evidente ao observarmos a figura 24 que o T1 (sem nenhuma adubação) foi o pior resultado em termos de desenvolvimento vegetal, mostrando que a aroeira é uma espécie que responde bem à adubação. Isso corrobora os relatos e experiências no campo junto aos produtores, os quais tem tido ótimos resultados com uso de tratos culturais incluindo adubação, o que tem refletido também em aumento de produtividade das áreas cultivadas em relação ao extrativismo de áreas naturais onde as plantas nativas não recebem qualquer tipo de cuidado ou nutrição extra.

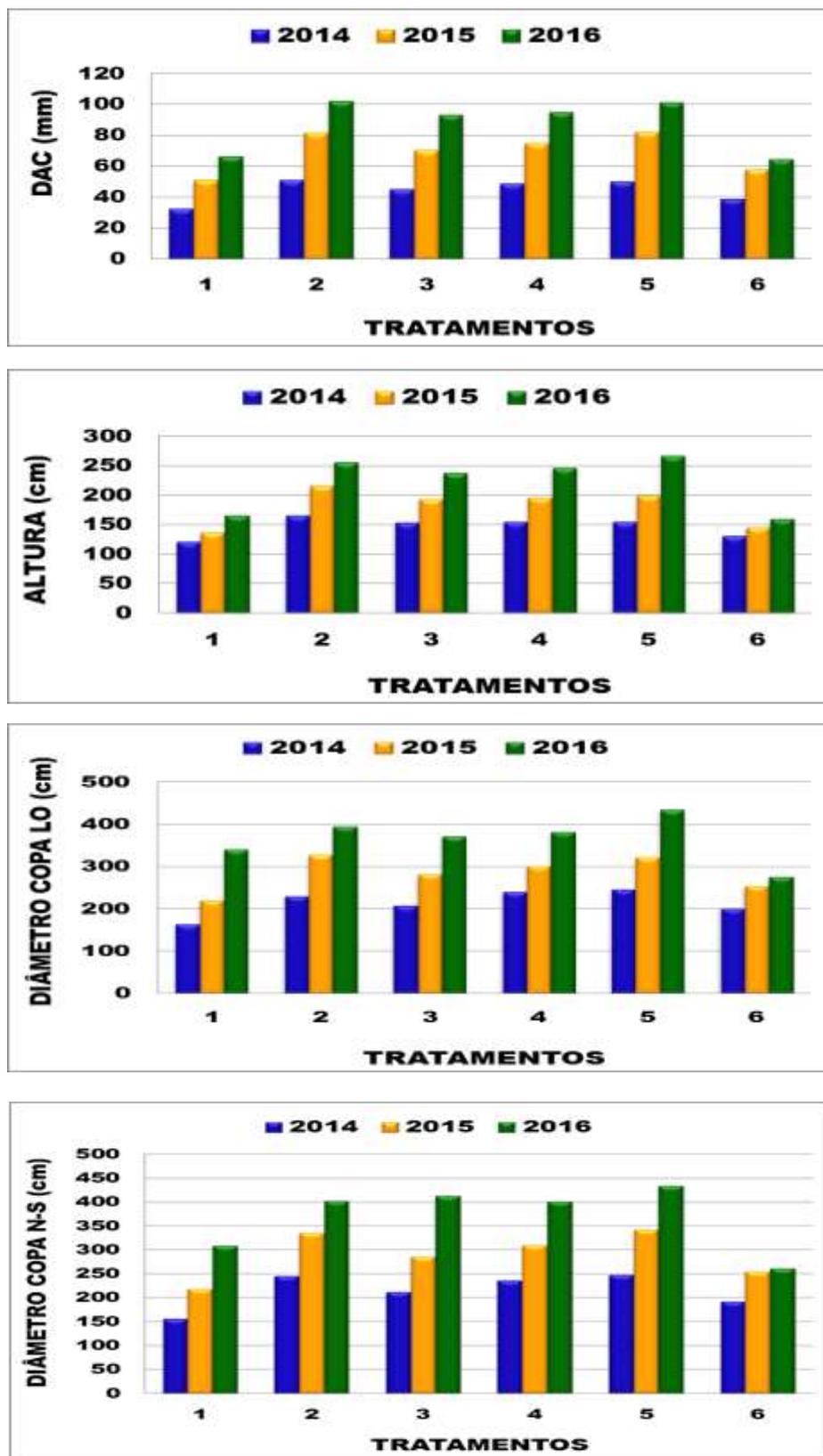


Figura 24- Efeito dos tratamentos de adubação no desenvolvimento de plantas de aroeira que não haviam recebido poda em relação às variáveis dendrométricas de diâmetro do caule - DAC(mm), altura (cm), diâmetro da copa Lo e NS (cm) em Linhares-ES, nos anos de 2014, 2015 e 2016. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.4.2 Manejo com poda na produção da aroeira

O comportamento das plantas com relação à formação de copa, seja ereto, semiereto, espalhado e prostrada, são importantes para o planejamento do manejo da cultura. A obtenção de material propagativo originado a partir de estacas de ramos plagiotrópicos, pode favorecer a produção de mudas clonais que darão origem a árvores de menor porte (figura 25).

A figura 25 mostra a resposta das plantas após 3 meses que foi realizada a poda. Observa-se que os indivíduos que receberam PD tiveram o desenvolvimento prejudicado enquanto a PR teve melhor resultado.

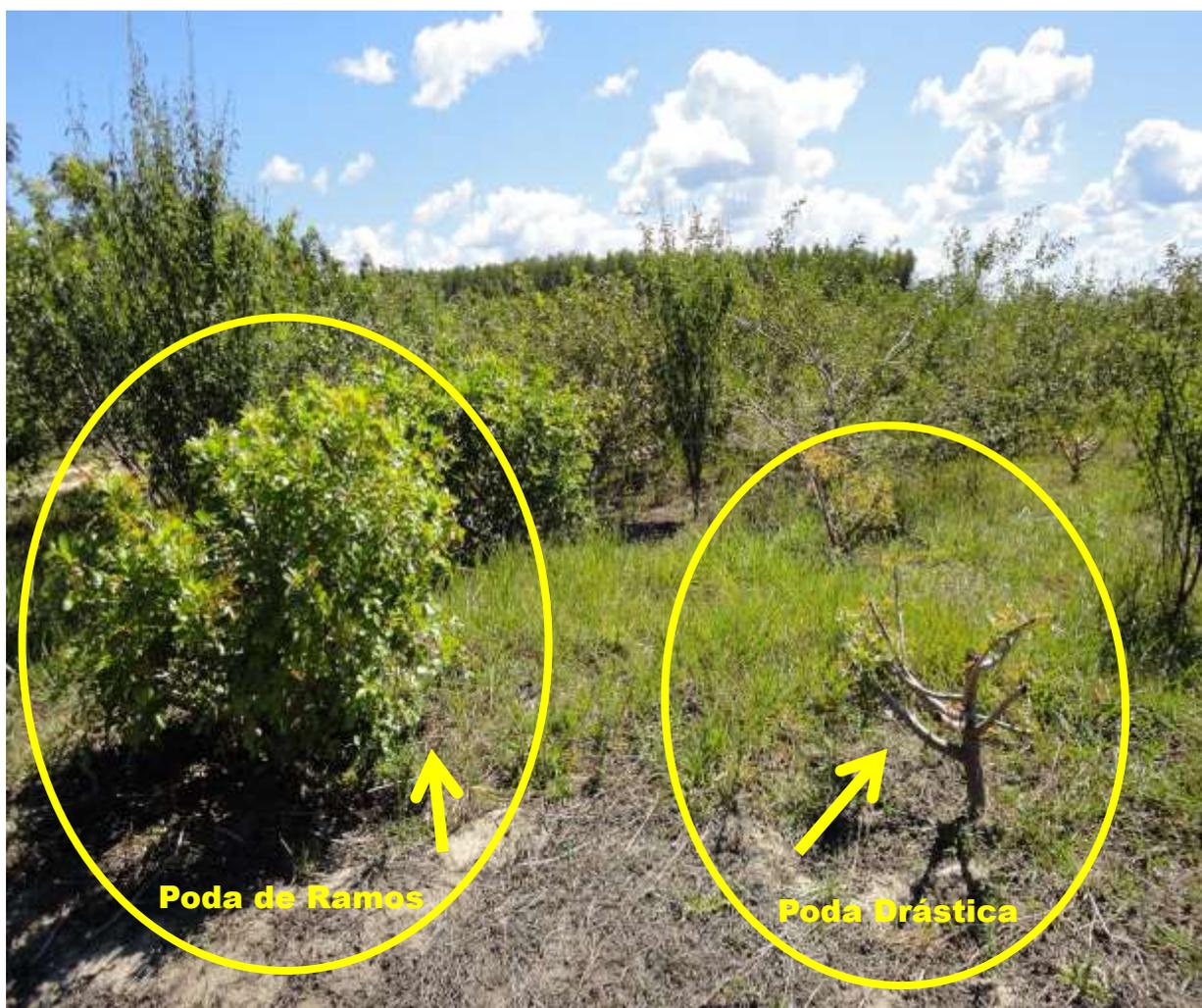


Figura 25 - Tratamentos com poda de ramos- PR (esquerda) e poda drástica-PD (direita) e plantas de aroeira da área experimental 2, após 3 meses de poda.

Os dados dendrométricos medidos em 2016 estão expostos nas figuras 26 e 27 e representam o desenvolvimento das plantas de aroeira que foram submetidas em junho de 2015 ao manejo de poda de ramo (PR), poda drástica (PD) e das plantas que não sofreram poda (SP). Analisando apenas o Diâmetro à altura do colo - DAC (mm), fazendo a análise pelo Teste de t com $P < 0,01$, observa-se a diferença significativa entre as plantas SP e PR. Mas entre as podas não houve diferenças significativas. Ou seja, as plantas sem poda tiveram maior desenvolvimento do que as plantas podadas. No entanto, na altura das plantas, entre as podas PR e PD a diferença não foi significativa com $P < 0,01$.

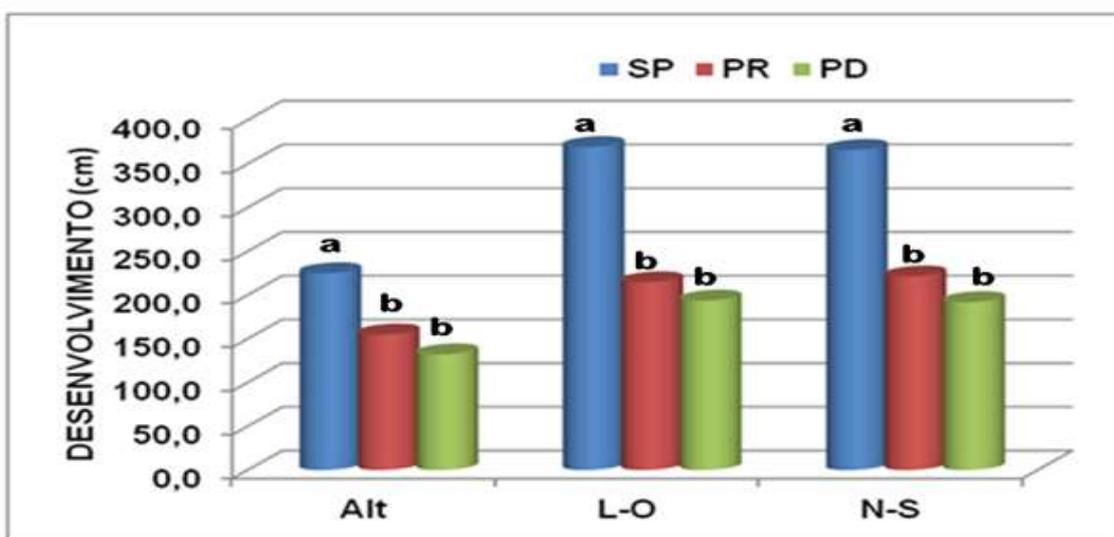


Figura 26 - Efeito dos sistemas de poda no desenvolvimento de plantas de aroeira em relação à variável dendrométrica Diâmetro do caule – DAC (mm), em Linhares-ES no ano de 2016.

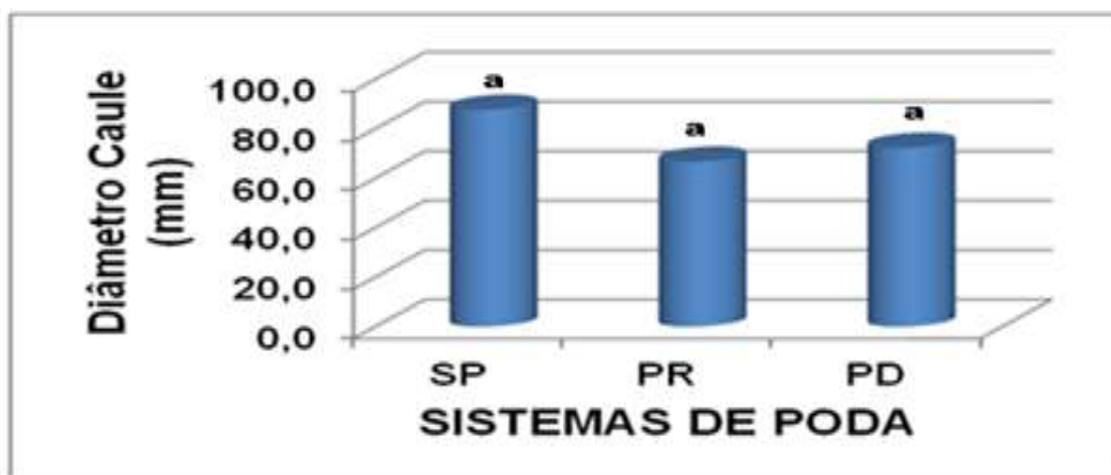


Figura 27 - Efeito dos sistemas de poda no desenvolvimento de plantas de aroeira em relação às variáveis dendrométricas de Altura (cm), Diâmetro de copa LO e NS (cm), em Linhares-ES no ano de 2016.

Tabela 8 - Parâmetros de dendrometria das aroeiras no Projeto Biomás, comparando os tratamentos de poda (SP=Sem poda, PR=Poda de Ramo e PD=Poda Drástica), para o ano de 2016.

Sistemas de poda	DAC (mm)	Altura (cm)	Diâmetro L-O (cm)	Diâmetro N-S (cm)
(SP)	87,67 a ¹	225,0 a	369,3 a	366,0 a
(PR)	66,67 a	155,0 b	214,7 b	221,3 b
(PD)	72,33 a	132,3 b	193,7 b	192,0 b
CV (%)	10,06	10,04	11,87	11,64

¹As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A matriz de tratamento estatístico (Tabela 8) evidencia o lançamento de ramo que a planta foi capaz de realizar após receber os tipos de poda, o que possibilitou constatar o quanto esta poda e o tipo de adubação interferiram no desenvolvimento vegetativo do ramo.

Apesar de ser possível perceber em campo, diferenças individuais das plantas de PR e PD, em especial, observações quanto à maior mortalidade de plantas que sofreram poda drástica em tratamento com nenhuma ou pouca adubação ao estudarmos o comportamento da população em geral, tais diferenças não geram resultado estatístico significativo, sugerindo uma resposta muito mais relacionada às questões intrínsecas da genética da planta do que propriamente do manejo de poda submetido. Ou seja, a análise estatística evidencia que os resultados não variaram muito em função da variabilidade genética interna da espécie, diluindo as diferenças entre os tratamentos. Isso nos leva a considerar a urgente necessidade de seleção e melhoramento da aroeira para obtenção de clones com uma maior padronização nas respostas fenotípicas de fenofases do desenvolvimento das plantas e de produção em consequência dos tratamentos culturais, o que certamente irá influenciar numa melhor uniformidade dos grãos culminando em melhoria na qualidade dos frutos e maior produtividade e facilidade de mão de obra para o produtor rural.

Ao analisarmos separadamente os dados de crescimento vegetativo para os diferentes tratamentos de adubação apenas para as plantas que não receberam poda

(SP), observamos que os tratamentos T1 e T6 (testemunho e orgânico respectivamente) continuam sendo os que menos influenciaram no desenvolvimento das mesmas, e que os T2 e T5 (NPK e NPK + B+ Zn respectivamente) foram os que apresentaram melhores resultados. Tais dados nos leva a acreditar na resposta positiva das plantas de aroeira em relação à adubação.

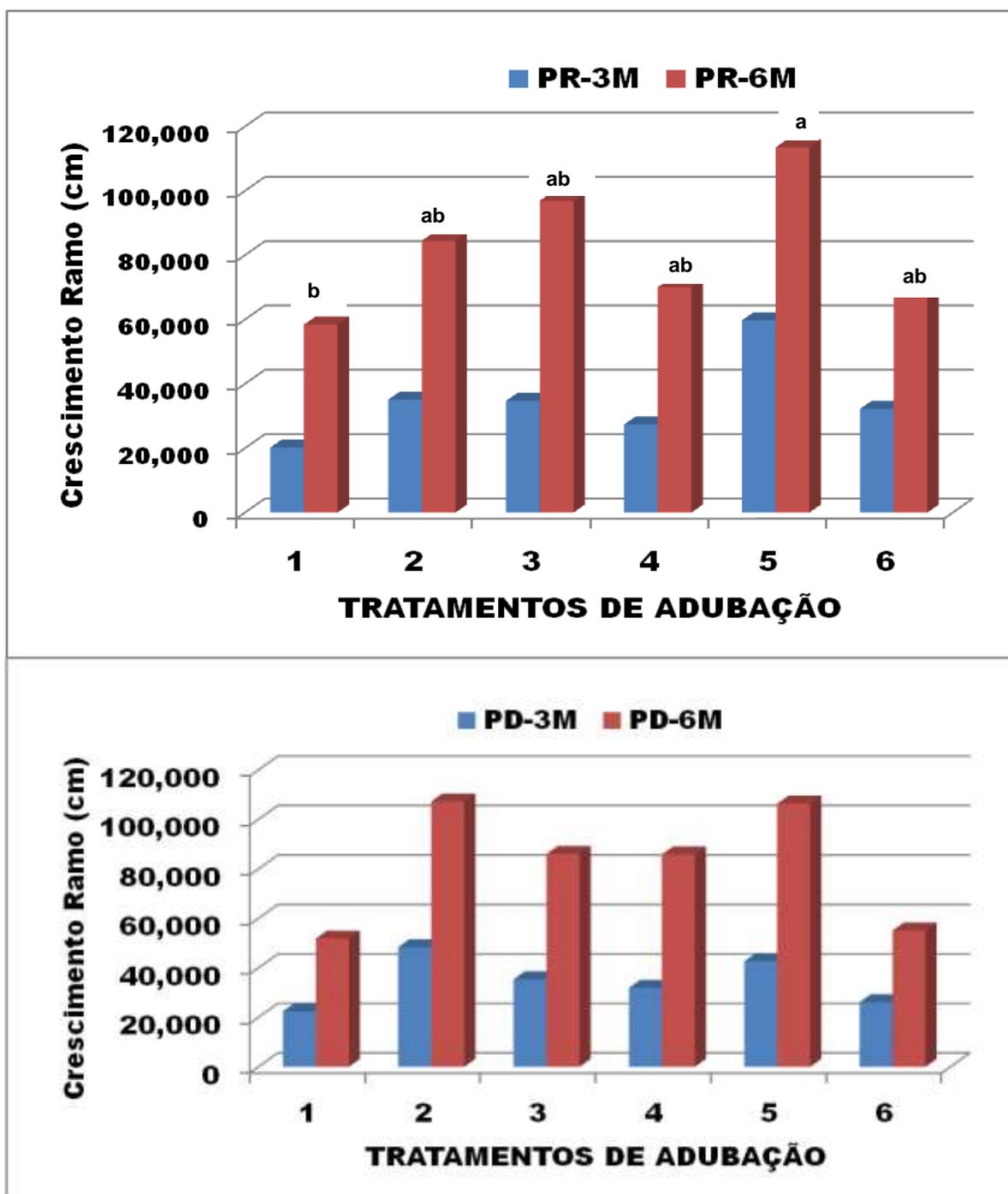


Figura 28 - Crescimento dos ramos de plantas submetidas à poda de ramos (PR) e poda drástica (PD), ao final de 3 e 6 meses em diferentes condições de manejos de adubação.

As médias do parâmetro de crescimento de ramos das aroeiras aos 3 e 6 meses após a poda, no Projeto Biomas, comparando os tratamentos de adubação, considerando que o F (interação) não foi significativo, e que portanto, não houve diferença significativa entre as plantas com PR=Poda de Ramo e PD=Poda Drástica, para o ano de 2016. Aos 3 meses pós poda não houve diferença estatística entre os tratamentos variando as médias de crescimento de ramos entre 21,35cm a 51,22cm nos tratamentos T1 e T5 respectivamente. Já no período de 6 meses pós poda houve diferença entre os tratamentos, quando foi observado um maior crescimento de ramos para o T5 (110cm), com adubação mais completa, e o menor para os tratamentos T1 e T6 (testemunha e orgânico), que obtiveram resultados semelhantes em termo de brotação (com crescimento do ramo de 55cm e 61 cm respectivamente), os quais se diferenciaram estatisticamente em relação ao T5, e ainda, este último foi semelhante aos tratamentos T2, T3 e T4. A Figura 29 reflete a situação em que a população de aroeira estudada se encontra dentro da área experimental em abril de 2016, após realização das avaliações e ilustra o desenvolvimento vegetativo da copa das árvores mais raleado nos tratamentos 1 e 6 nos três blocos.



Figura 29 - Vista aérea do experimento de aroeira com adubação e poda na área experimental 2. Resultado da nutrição das plantas: desenvolvimento vegetativo das plantas sob efeito dos tratamentos de adubação. Foto: Ricardo Finco – Projeto Biomas/Mata Atlântica (com Drone, em abril de 2016, Linhares-ES).

5.4.3 Efeito da Adubação no perfil químico da aroeira

Os frutos e as folhas de *Schinus terebinthifolius* possuem maior quantidade de constituintes hidrofílicos (eluídos com metanol) quando comparados aos lipofílicos (eluídos com diclorometano).

Frutos produzem aproximadamente o dobro em massa de constituintes micromoleculares, quando comparados às folhas.

Considerando os grandes grupos químicos de Sesquiterpenos, cardanóis e Triterpenos nas amostras de aroeira dos tratamentos de adubação, verificou-se que não houve uma diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$), variando entre as repetições nos diferentes tratamentos, ou seja, não houve efeito da Adubação e poda no perfil químico da aroeira. o que sugere um efeito da variabilidade genética da espécie (Figura 30).

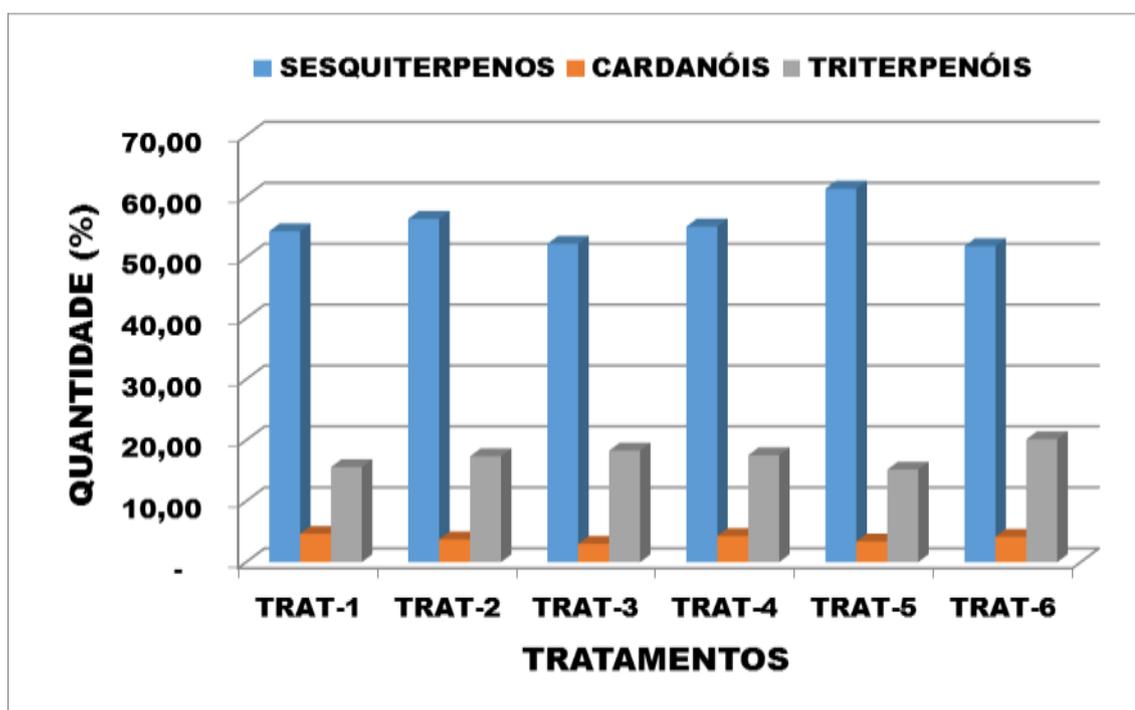


Figura 30 - Presença dos grupos químicos de sesquiterpenos, cardanóis e triterpenos em tinturas de frutos da aroeira nos tratamentos de adubação.

A média dos resultados das análises de densidade realizadas nas tinturas-mãe dos diferentes tratamentos apresentou o valor médio de densidade de $0,909 \text{ g/mL} \pm 0,70$, o qual se manteve dentro do limite preconizado para tinturas, $0,87$ e $0,98 \text{ g/mL}$ (BRASIL, 2010). As análises físico-químicas das amostras nos diferentes tratamentos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, variando muito pouco entre os tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9 - Resultados das características físico-químicas das amostras de tintura obtida de frutos de aroeira das plantas marcadas em diferentes tratamentos de adubação.

Tratamento¹	Densidade² (g/mL) ± dp	pH ± dp	T. EtOH (%) ± dp	R.S (%) ± dp
B1T1P1	0,910 ± 0,00	5,82 ± 0,11	59 ± 0,29	2,87 ± 0,01
B3T2P2	0,910 ± 0,00	5,63 ± 0,03	59 ± 0,58	2,85 ± 0,06
B2T3P2	0,910 ± 0,00	5,64 ± 0,02	60 ± 1,15	2,66 ± 0,04
B2T4P2	0,909 ± 0,00	5,64 ± 0,01	60 ± 0,76	2,88 ± 0,09
B3T5P2	0,908 ± 0,00	5,50 ± 0,01	60 ± 0,50	2,81 ± 0,15
B2T6P1	0,910 ± 0,00	5,71 ± 0,01	60 ± 0,87	2,74 ± 0,05
md ± dp³	0,909 ± 0,70	5,66 ± 0,03	60 ± 0,70	2,80 ± 0,07

¹Formas extrativas: tinturas-mãe de frutos de aroeira. ²Densidade ± dp: média da determinação da densidade da tintura-mãe. Os valores médios de pH, revelaram que não houve diferença significativa entre as amostras e o padrão permitido pela legislação. O valor apresentado na realização do método (5,66 ± 0,03) foram compatíveis com o da água, não apresentando níveis de acidez e estão dentro dos limites permitidos (BRASIL, 2004; FARMACOPEIA BRASILEIRA, 2010). ³md ± dp: média e cálculo dos desvio padrão. Não houve diferença significativa entre as amostras para resíduo seco, para teor alcóolico, pH (dentro dos limites).

A análise cromatográfica dos extratos hexânicos e diclorometânicos de frutos e folhas das amostras dos diferentes tratamentos mostrou a presença constante de sesquiterpenos, cardanóis e triterpenos, que são característicos em plantas da família Anacardiaceae.

Considerando-se a mesma quantidade de material para análise, verificou-se que os frutos possuem um maior rendimento extrativo e maior diversidade de moléculas, quando comparados a folhas das mesmas plantas. Os frutos produziram mais sesquiterpenos, enquanto que as folhas mais triterpenos (Figuras 31 e 32)

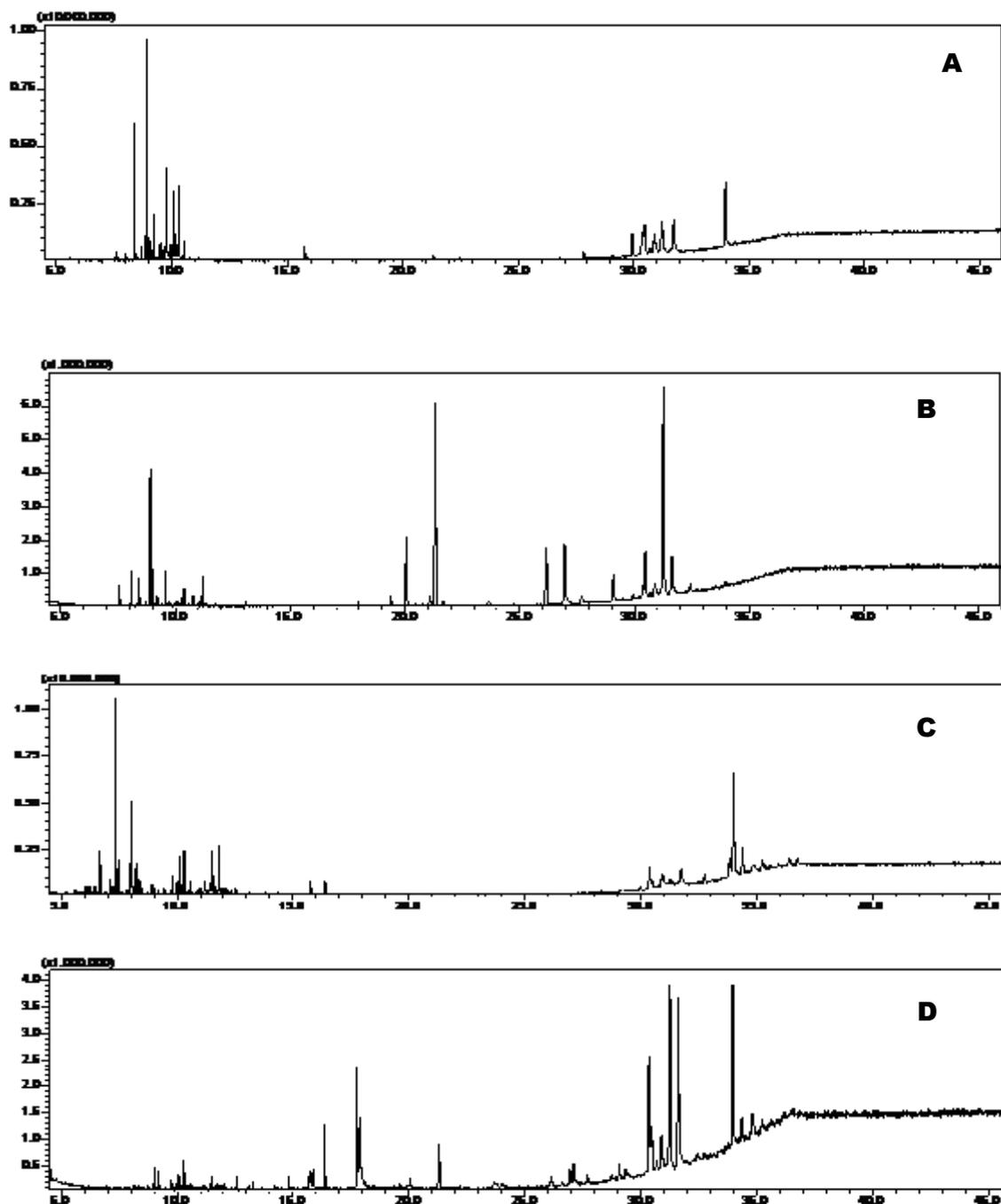


Figura 31 - Cromatogramas da fração hexânica (A e B) e da fração diclorometânica (C e D), em Cromatografia GC-MS, do tratamento sem adubação ($STB_1T_1P_2$), das amostras de frutos (A e C) e folhas (B e D).

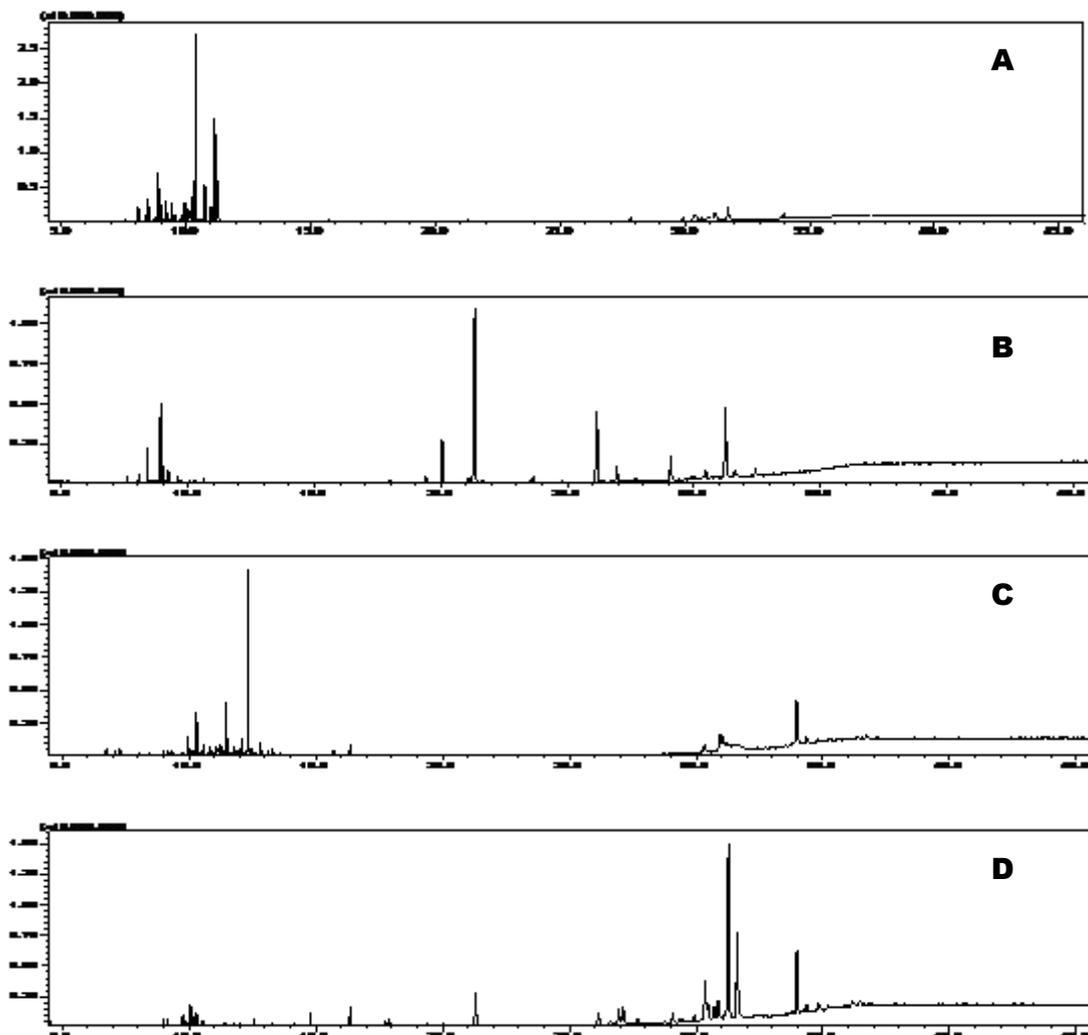


Figura 32 - Cromatogramas da fração hexânica (A e B) e da fração diclorometânica (C e D), em Cromatografia GC-MS, do tratamento com adubação (STB₁T₅P₂), das amostras de frutos (A e C) e folhas (B e D).

De uma maneira geral observou-se na maioria das amostras e tratamentos uma maior produção de biflavonas (541.11433), ou seja (amentoflavona + agathisflavona), e baixa produção de galato de metila (183.02989) e taninos gálicos (Apêndices C-N). Estas substâncias têm grande importância para a indústria farmacêutica uma vez que as biflavonas como a amentoflavona e agastisflavona possuem propriedades anti-inflamatórias, vaso dilatadoras e anti-virais, enquanto a agastisflavona tem atividade hepatoprotetora e inibidora de crescimento de células da leucemia humana. O galato de metila é reconhecido com ação antioxidante, antitumoral e antimicrobiana e os taninos gálicos com ação antitumoral e anticarcinogênica, usados como agentes antimicrobianos, antitermicos, reguladores de crescimento e germinações de plantas e funções relacionadas (CERUKS et al., 2007; LIVIA, 2013).

Nas amostras com maior produção de 215.03281 (glicose clorada^{*1}), nota-se tendência de aparecimento de picos associados com este precursor, tais como galato de metila e os taninos gálicos (Apêndice C)

Comparando as quantidades de sesquiterpenos, cardanóis e triterpenos não houve diferença estatística entre os tratamentos, no entanto foi obtida uma média maior na concentração de sesquiterpenos e uma concentração menor de cardanóis e triterpenos no Tratamento 5 em relação aos outros tratamentos (Figura 32). Essa pequena concentração de cardanóis detectada por CG-MS é importante por ser este constituinte químico associado a propriedades alergênicas indesejáveis nos produtos que em que venha a ser utilizado, o que deve ser objeto de futuras investigações uma vez que a redução desta substância alergênica é importante sob o ponto de vista farmacológico e da indústria de alimentos.

No tratamento 3 (Apêndice D), duas amostras deixaram de produzir as biflavonas (541.11433), podendo estar associado à variabilidade genética das plantas. Já nas análises dos frutos no tratamento 5 (T5B2P1), ocorreu a produção majoritária dos triterpenos ácidos. A importância deste fato reside na alta atividade anticancerígena e antitumoral de tais moléculas, as quais são mais abundantes nas folhas do que nos frutos. Com a ampliação do espectro desta amostra (Figura 33) evidenciou a produção dos triterpenóides ácidos (453, 469 e 485), bem como a produção de ácidos graxos, como o palmítico (255.23308), oléico (281.24879), esteárico (283.26447) e ricinoléico (297.24372), o que mostra a via biossintética acetato/mevalonato ativada.

Estes ácidos têm grande importância na saúde humana, destacando-se que o ácido palmítico eleva a concentração plasmática de colesterol e de LDL-C quando comparado à gordura poli-insaturada, enquanto que o ácido oléico reduz a concentração plasmática de LDL-C, não provocando a oxidação das LDL e o ácido esteárico geralmente não eleva a colesterolemia ou seja o excesso de colesterol no sangue. O ácido ricinoléico possui efeito analgésico, anti-inflamatório e ação antimicrobiana.

¹ Provavelmente seja glicose, que é um precursor comum destas moléculas. Aparece clorada, pois é um agregado (cluster) formado na fonte de ionização electrospray da técnica.

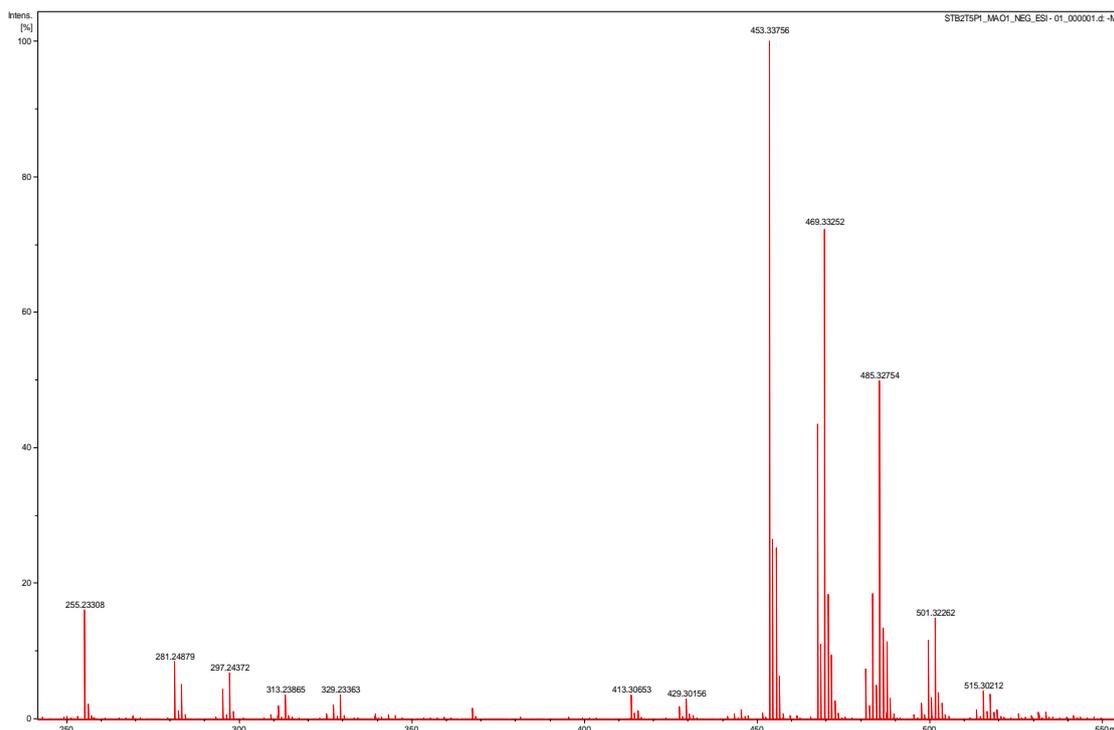


Figura 33 - Ampliação do espectro da amostra do Tratamento T5 (T5B2P1), mostrando a produção dos triterpenóides ácidos (453, 469 e 485) e a presença de ácidos graxos, como o palmítico (255.23308), oléico (281.24879), esteárico (283.26447) e ricinoléico (297.24372), o que mostra a via biossintética acetato/mevalonato ativada.

Na amostra do tratamento 6, sistema orgânico de cultivo, houve uma menor concentração de sesquiterpenos e maior concentração de triterpenos do que os outros tratamentos (Apêndice G).

Neste tratamento, na amostra T6B1P2, aparece pela primeira vez o ácido cítrico ou isocítrico (191.01976) com concomitante ausência do galato de metila. O ácido cítrico é bom agente tamponante, reduz pH, controla o crescimento microbiano, serve como aromatizante, possui ação quelante e de cura.

Nas análises das amostras de folhas quando se compara amostras que contêm ácido gálico com aquelas que contêm galato de metila, vemos que estas últimas contêm um pico em 335.0409 que é um dímero do ácido gálico com galato de metila. Pode ser então que a metilação do ácido gálico é algo que ocorre na aroeira e por esterificação entre os dois derivados (ácido gálico e galato de metila) leva a formação do 335.0409, que no entanto, em algumas plantas, a metilação do ácido gálico pode estar reprimida (Figura 34).

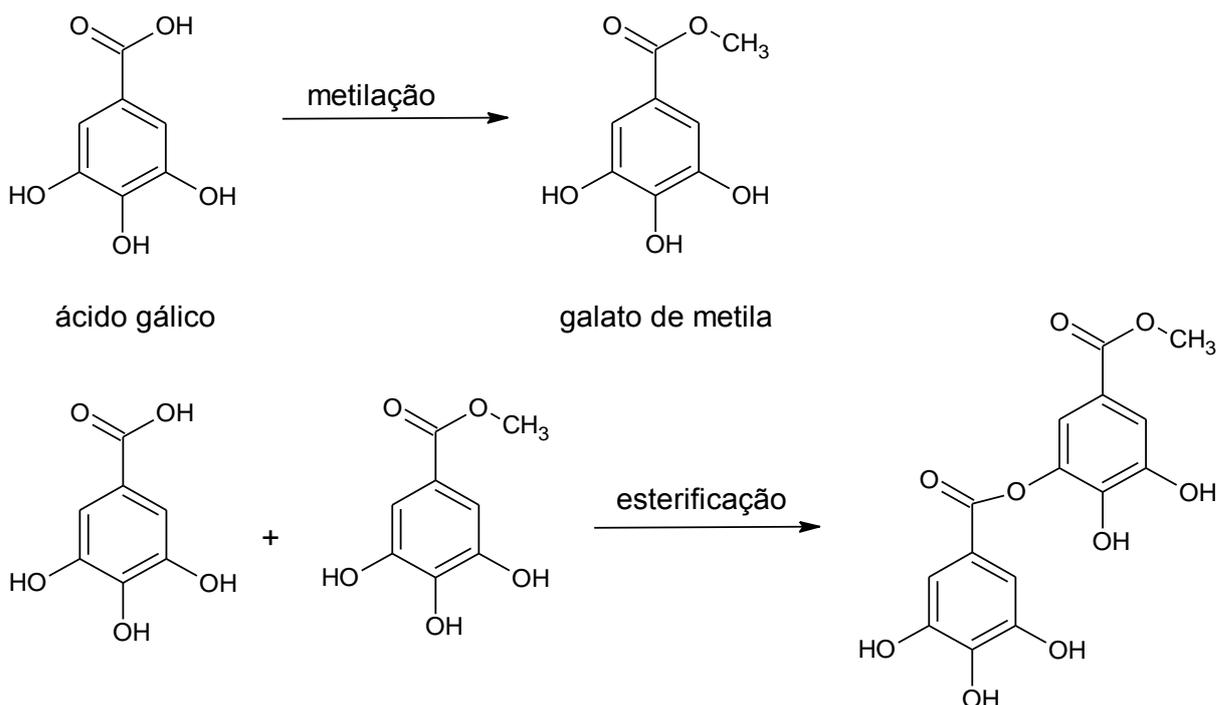


Figura 34 - Representação química da metilação do ácido gálico e esterificação que poderá ocorrer na aroeira.

As análises por cromatografia de camada delgada (CCD) dos óleos essenciais nas tinturas-mãe das amostras dos diferentes tratamentos com adubação, mostraram perfis cromatográfico semelhantes, com exceção nos tratamento 1 (B1T4P1) e tratamento 2 (B1T2P2) que apresentaram na parte superior da placa concentrações dos componentes abaixo do limite de detecção (Figura 35).

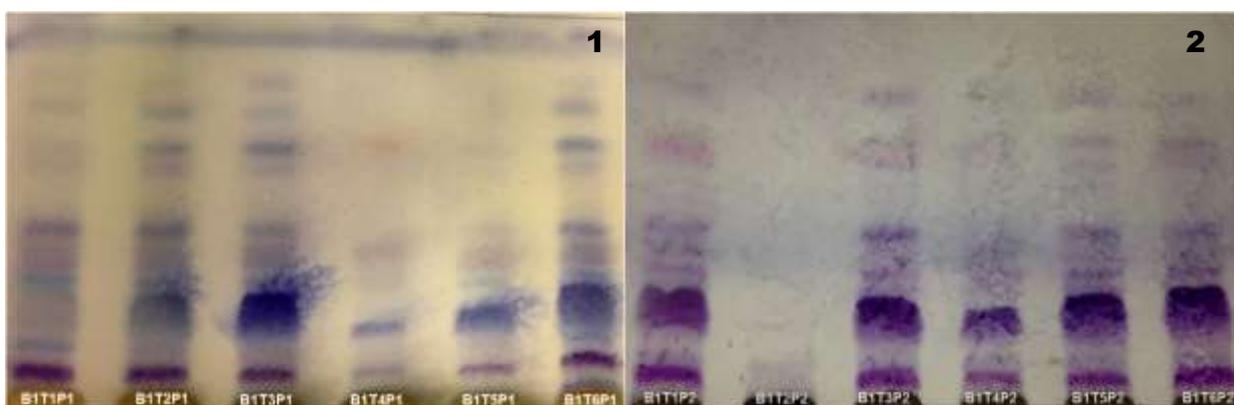


Figura 35 - Perfis em placas comatográficas em CCD dos óleos essenciais nas duas repetições (1 e 2) dos Tratamentos T1 a T6, no bloco B1. Destaque para B1T4P1 e B1T2P2, mostrando na parte superior da placa, concentrações dos componentes abaixo do limite de detecção. Fase móvel com acetato de etila: tolueno (93:7). Revelador: Vanilina sulfúrica.

Nas amostras das plantas dos tratamentos T3, T4, T5 e T6 (B2T3P1, B2T4P1, B2T5P1 e B2T6P1) também foram observados perfis cromatográficos semelhantes. No entanto, amostras do mesmo tratamento em blocos diferentes (B2T1P1) foram diferentes por apresentarem perfis fora do esperado para o mesmo tratamento, sugerindo que a variação seja associada com a variabilidade genética das plantas, uma vez que são provenientes de sementes com polinização cruzada natural. Nas repetições 1 e 2 as amostras de plantas diferentes na mesma parcela (B2T1P1, B2T1P2, B2T2P1 e B2T2P2) apresentaram perfis diferentes e confirmam esta suspeita (Figura 36).

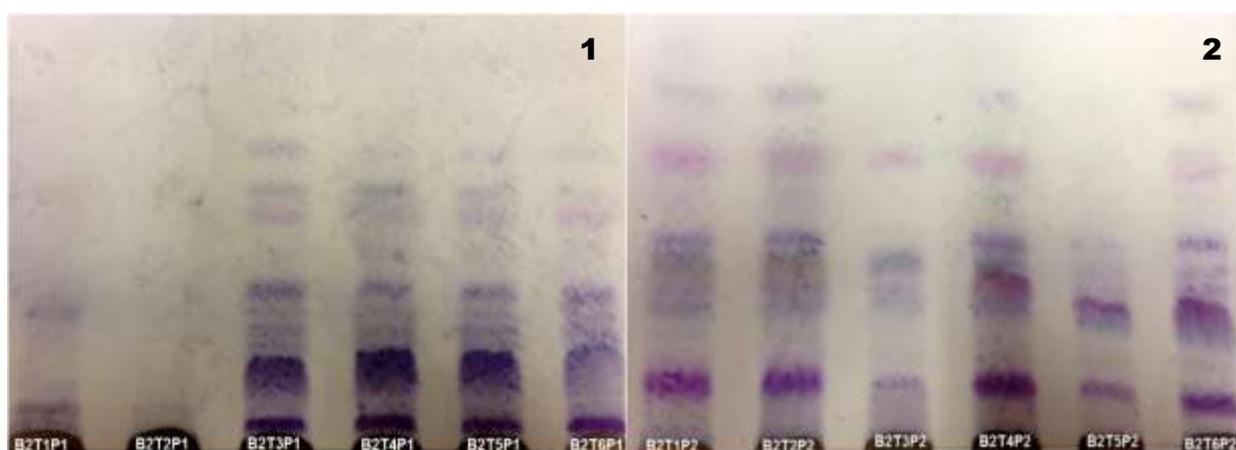


Figura 36 - Perfis em placas comatográficas em CCD dos óleos essenciais nas duas repetições (1 e 2) de amostras das tinturas-mãe originárias das plantas dos seis tratamentos de adubação no bloco B2. As amostras B2T1P1, B2T2P1, B2T1P2 e B2T2P2, apresentaram perfis cromatográficos diferentes embora sejam de plantas sob as mesmas condições de cultivo, no mesmo tratamento e bloco. Fase móvel com acetato de etila: tolueno (93:7). Revelador: Vanilina sulfúrica.

As amostras coletadas no bloco 3 com exceção do tratamento 1 em ambas as amostras de plantas diferentes (B3T1P1 e B3T1P2), onde esta substância estava praticamente ausente, todas os outros tratamentos apresentaram um perfil semelhante (Figura 37). Com base nas análises de CCD para óleos essenciais, observaram-se resultados uniformes nas amostras do Tratamento 6, em que as plantas receberam adubação orgânica.

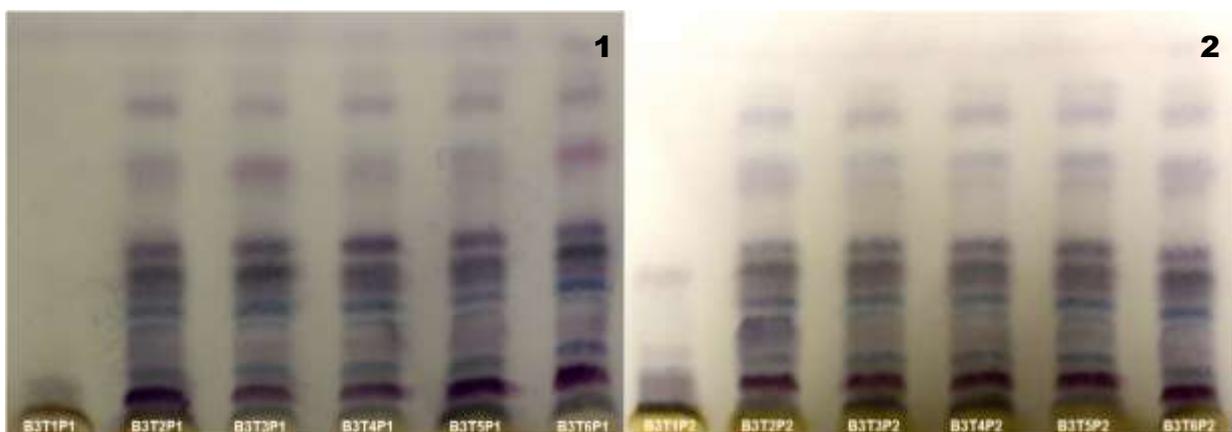


Figura 37 - Perfis em placas comatográficas em CCD dos óleos essenciais nas duas repetições (1 e 2) de amostras das tinturas-mãe originárias das plantas dos seis tratamentos de adubação no bloco B3, observando-se semelhança do perfil entre os tratamentos, com exceção do tratamento T1.

Nas análises cromatográficas por CCD para flavonoides foi possível a detecção de compostos fenólicos, tipo flavonóides nas amostras de tintura-mãe obtida de frutos dos diferentes tratamentos, com manchas amareladas nítidas com seis Rfs de interesse, tendo todos os tratamentos apresentado perfis cromatográficos semelhantes (Figura 38). Observou-se no entanto, uma coloração amarelada na parte superior da placa indicando a presença do padrão hiperosídeo em B1T2P2, enquanto que as amostras B3T5P2 e B3T6P2, não apresentaram de forma visível a presença do hiperosídeo (Figura 38).

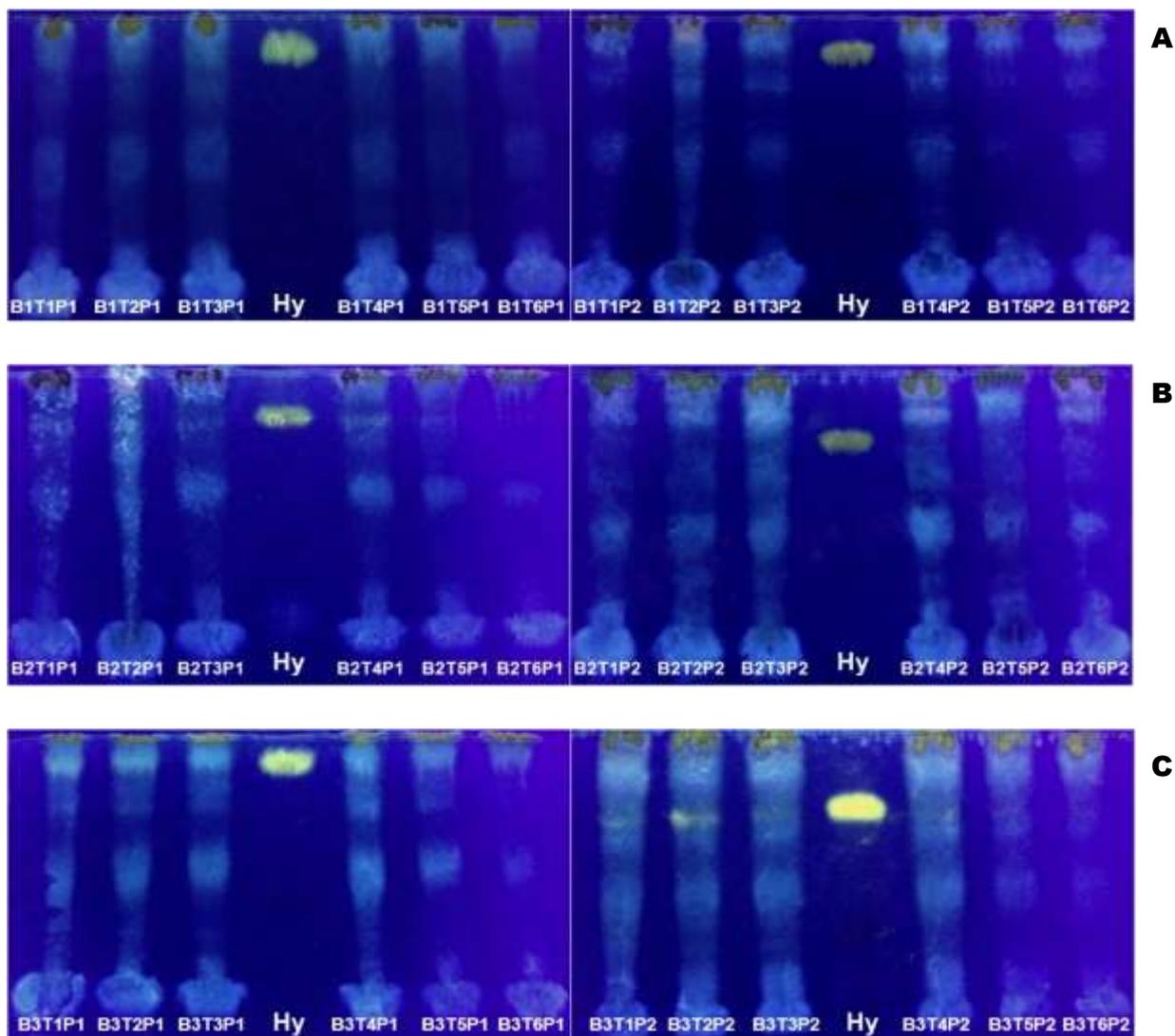


Figura 38 - Perfis em placas comatográficas em CCD de flavonoides de amostras das tinturas-mãe originárias das plantas dos seis tratamentos de adubação no bloco B1 (A), bloco B2 (B) e bloco B3 (C), observando-se semelhança do perfil entre os tratamentos. Como eluente foi usado acetato de etila: ácido fórmico: ácido acético e água (100:11:11:26) e revelador NP/PEG. Hiperosídeo (Hy).

Pelas análises realizadas observou-se que os tratamentos com a adubação não tiveram influência significativa no perfil químico em relação aos óleos essenciais e flavonoides, das tintura-mãe das amostras entre os seis tratamentos. Entende-se que a variação observada nos diferentes perfis está relacionada às características genéticas de cada planta, o que sugere que a exploração comercial da aroeira para fins farmacêuticos e alimentares deve ser iniciada com material propagativo clonado de plantas elites que apresentem características de interesse. Do ponto de vista

químico a aroeira mostrou ser uma espécie tanífera por excelência, e produzindo preferencialmente, substâncias fenólicas como os flavonoides.

Após a seleção dos genótipos com maior potencial produtivo como apresentado no item 5.1, estes serão clonados e introduzidos na Fazenda Experimental do Incaper em Viana / CEAJ (Jucuruaba), como plantas matrizes. Nestas, será realizada a caracterização das variações fenotípicas e de produção. Serão avaliados quanto às suas características fitoquímicas e estabilidade genética, visando o Registro de novas cultivares no RNC/MAPA, possibilitando atender a legislação brasileira e disponibilizar para os produtores rurais e viveiristas, plantas matrizes adequadamente caracterizadas.

5.5 CONCLUSÕES

Foi verificada uma grande variabilidade genética, fenotípica, produtiva e fitoquímica entre as plantas obtidas de mudas convencionais de sementes. O uso de mudas convencionais de sementes evidenciou que para um plantio comercial ocorre uma perda de aproximadamente 50% de plantas produtivas, em razão do dimorfismo sexual da espécie. Os resultados desta pesquisa sugerem a recomendação para a utilização de mudas clonais de aroeira, o que possibilitará dobrar a produção e produtividade média em relação à obtida no presente estudo.

O manejo da adubação influenciou no desenvolvimento e na produção das plantas. Verificando-se que a aroeira responde à adubação química e orgânica tendo entre as variáveis dendrométricas o diâmetro do caule ao nível do colo das plantas sem adubação foi significativamente menor. O diâmetro da copa e altura foram maior nas plantas que receberam adubação química, sugerindo que para o cultivo comercial da aroeira há necessidade de adequar programas de manejo com adubação, levando em consideração o tipo de solo e a análise química dos macro e micronutrientes.

Não foram observadas diferenças significativas no crescimento dos ramos das plantas submetidas à poda de ramos e à poda drástica, no entanto a adaptação das plantas foi superior no manejo com poda de ramos, onde se obteve diferença significativa entre os tratamentos de adubação aos 6 meses pós poda. Esta poda deve ser considerada como uma estratégia de manejo a ser recomendada para os produtores de aroeira aliada a uma boa nutrição da planta.

Considerando os grupos químicos de sesquiterpenos, cardanóis e triterpenos nas amostras de aroeira dos tratamentos de adubação, verificou-se que não houve uma diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$), variando entre as repetições nos diferentes tratamentos. Não foi verificada influência da adubação no perfil químico dos grãos em relação aos óleos essenciais e flavonoides, das tintura-mãe das amostras entre os seis tratamentos. Entende-se que a variação observada nos diferentes perfis foi relacionada às características genéticas de cada planta, o que também sugere que para a exploração comercial da aroeira os produtores devem iniciar a cultura com material propagativo clonado de plantas que apresentem características de interesse para o mercado.

5.6 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 14, de 05 de abril de 2010. **Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos.** ANVISA: Brasília, 2010.

BRASIL, PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto nº 5.813 de 22 de junho de 2006.** Aprova a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e dá outras providências. D.O.U. Poder Executivo, Brasília, 23 jun. 2006.

CARVALHO, A.C.B.; NUNES, D.S.G.; BARATELLI, T.G.; SHUQAIR, NS. M.S.A.Q.; NETTO, E.M. Aspectos da legislação no controle dos medicamentos fitoterápicos. **T&C Amazônia**. n. 11, p. 26-32, 2007.

CARVALHO, M.C.R.D.; BARCA, F.N.T.V.; AGNEZ-LIMA.; L.F.; MEDEIROS, S.R.B. Evaluation of Mutagenic Activity in na Extract of Pepper Tree Stem Bark (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 42, n.3, p. 185-191, 2003.

CERUKS, M.; ROMOFF, P.; FÁVERO, O. A., LAGO, J. H. G.. Constituintes fenólicos polares de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Química Nova**, Curitiba, v. 30, n. 3, p.597-599, 2007.

CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1926-1978. v.1. 747p.

DUARTE, M. R.; SCHRODER, L. M.; TOLEDO, M. G.; Yano, M.; MACHADO, A. A.; MODOLO, A. K. Anatomia foliar comparada de espécies de aroeira: *Myracrodruon urundeuva* Allemão e *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Visão Acadêmica** (Curitiba. Impresso), v. 10, p. 18-28, 2009.

FARMACOPEIA BRASILEIRA (FB), 5ed., vol. 1. **Métodos Físicos e físicoquímicos.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: ANVISA, 2010, p. 81- 159.

FARMACOPEIA HOMEOPÁTICA BRASILEIRA (FHB), 3ed. **Método de preparação da Tintura-mãe:** preparação de tinturas-mãe a partir de plantas frescas. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: ANVISA, 2011a, p. 53-86.

FARMACOPEIA HOMEOPÁTICA BRASILEIRA (FHB), 3ed. **Métodos de análises e ensaios:** determinações físicas e físico-químicas (3- 9.1). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: ANVISA, 2011b, p.38-44.

GONÇALVES, A.L.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. Estudo comparativo da atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo. v.72, n.3, p.353-358, 2005.

KWEKA, E.J.; NYINDO, M.; MOSHA, F.; SILVA, A.G. Insecticidal activity of the essential oil from fruits and seeds of *Schinus terebinthifolia* Raddi against African malaria vectors. **Parasites & Vectors**, n. 4, p. 1-10, 2011.

LENZI, M.; ORTH, A.I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 17, n. 2, p. 67-89, 2004.

LIVIA, M.A. **Obtenção e separação de compostos bioativos de *Schinus terebinthifolius* Raddi em meio supercrítico e avaliação da atividade citotóxica em células leucêmicas.** 2014. 131f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2014.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas.** 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 512p.

OLIVEIRA, D. M. **Estudo Químico e Biológico de Frutos de Plantas de Interesse Econômico: *Punica granatum* e *Schinus terebinthifolius*.** 2012. 135f. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A.M. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar.** Vitória, ES: Incaper, 2013.140p.

5.7 CONCLUSÕES GERAIS

A população de plantas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) foi bastante heterogênea tanto em áreas nativas quanto em área de cultivo comercial onde as mudas plantadas são provenientes de sementes obtidas sem qualquer seleção de matrizes, o que resulta numa grande variabilidade na produção e qualidade do produto final. Por outro lado, é freqüente observar-se em uma mesma área plantas de sexos diferentes, em que a presença de um grande número de plantas com flores masculinas resulta em baixa produtividade das áreas plantadas, inviabilizando a sua exploração econômica, por agricultores, principalmente aqueles de base familiar, em termos de perda de área com plantio com exemplares improdutivos. Levando-se em conta a importância da aroeira para o mercado, recomenda-se ter material propagativo selecionado com qualidade superior e a aplicação de boas práticas de manejo e agregação de valor da cultura a partir da exploração de produtos bioativos.

Estabeleceram-se critérios fenotípicos e de produção de grande importância para seleção de genótipos de aroeira, bem como recomendações para produtores rurais quanto ao manejo de poda e adubação para exploração comercial sustentável de produtos da planta. Foram selecionados genótipos com características determinantes para a produção comercial. Quanto as variáveis testadas, a aroeira respondeu bem à adubação em termos gerais de desenvolvimento vegetativo, porém, os dados apresentados sugerem que a variabilidade genética e fatores climáticos são determinantes nas respostas ecofisiológicas do vegetal em termos e produção de frutos e de substâncias químicas, estas não tendo sido influenciadas pelo manejo utilizado. Não foram observadas diferenças significativas no crescimento dos ramos das plantas submetidas à poda de ramos e à poda drástica, no entanto a adaptação das plantas foi superior no manejo com poda de ramos. Esta poda deve ser considerada como uma estratégia de manejo a ser recomendada para os produtores de aroeira.

Os genótipos selecionados estão sendo clonados para enriquecimento do Banco Ativo de Germoplasma de Aroeira, na Fazenda Experimental do Incaper em Jucuruaba, município de Viana-ES, para atender demandas de pesquisa e de produtores rurais no ES.

5.8 REFERÊNCIAS

ASSUMPÇÃO, J.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n. 3, p. 301-315, 2000. DOI: 10.1590/S0102-33062000000300007.

BAGGIO, J.A. Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. Colombo: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 17, p.25-32, 1988.

BARBLEY, F.A. A study of *Schinus L.* **Loydia**, v. 28, p.5-110, 1957.

BENCKE, C. S.C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasil. Bot.**, v.25, n.3, p.269-275, 2002.

BRASIL, PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto nº 5.813 de 22 de junho de 2006.** Aprova a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e dá outras providências. D.O.U. Poder Executivo, Brasília, 23 jun. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009.399p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Brasília: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1994. 639 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Ecológica, 2003. p. 573-581.

CARVALHO, P.E.R. Competição entre espécies florestais nativas em Irati-PR, cinco anos após o plantio. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n.2, p. 41-45, 1981.

CARVALHO, M.C.R.D.; BARCA, F.N.T.V.; AGNEZ-LIMA.; L.F.; MEDEIROS, S.R.B. Evaluation of Mutagenic Activity in na Extract of Pepper Tree Stem Bark (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 42, n.3, p. 185-191, 2003.

CARVALHO, A.C.B.; NUNES, D.S.G.; BARATELLI, T.G.; SHUQAIR, NS. M.S.A.Q.;NETTO. Aspectos da legislação no controle dos medicamentos fitoterápicos.**T&C Amazônia**. v.5, n. 11, p. 26-32, 2007.

CERUKS, M.; ROMOFF, P.; FÁVERO, O. A., LAGO, J. H. G.. Constituintes fenólicos polares de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Química Nova**, Curitiba, v. 30, n. 3, p.597-599, 2007.

CESÁRIO, L. F.; GAGLIANONE M. C. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 828-833, 2008.

CLEMENTE, A. D. M. S. **Composição química e atividade biológica do óleo essencial da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi)**. 2006. 63f. Tese (Pós graduação em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006.

EWEL, J. J., D. S. OJIMA, D. A. KARL, and W. F. DEBUSK. ***Schinus* in successional ecosystems of Everglades National Park**. South Florida Research Center Report T-676. 1982. 141 pp.

FIGLIOLIA, M. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; NOGUEIRA, E. de S. Controle de qualidade de sementes florestais: propostas de parâmetros técnicos. In: PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. et al. (orgs) **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. Seropédica: EDUR, 2007. p. 143–187.

FOURNIER, L. A. Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas em arboles. **Turrialba**. San Jose, v.24, n.4, p.422-423, 1974.

GILBERT, B.; FAVORETO, R. *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Fitos (ALANAC)**, Rio de Janeiro. v.6, n.1, p. 43-56, 2011.

GONÇALVES, A.L.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. .Estudo comparativo da atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo. v.72, n.3, p.353-358, 2005. ,

GUERRA, B.; LACONCHA, I.; SOTO, S.M.; GONZÁLEZ-HEVIA, M.A.; MENDOZA, M.C. Molecular characterization of emerged multiresistant *Salmonella enterica*. **FEMS Microbiology Letters**, v.190, n.2, p.341-347, 2000.

JOHANN, S.; SÁ, P.N.; LIMA, L.; CISALPINO, P.S.; COTA, B.B; ALVES, T.M.A.; SIQUEIRA, E.P.; ZANI, C.L. Antifungal activity of schinol and a new biphenyl compound isolated from *Schinus terebinthifolius* against the pathogenic fungus *Paracoccidioides brasiliensis*. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, v. 9, n. 30, p. 1-6, 2010.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F. DONOGHUE, M.J. **Plants systematics: a phylogenetic approach**. 3 ed. Sunderland: Sinauer Associates. 2008. 611p.

KWEKA, E.J.; NYINDO, M.; MOSHA, F.; SILVA, A.G. Insecticidal activity of the essential oil from fruits and seeds of *Schinus terebinthifolia* Raddi against African malaria vectors. **Parasites & Vectors**, n. 4, p. 1-10, 2011.

LENZI, M.; ORTH, A.I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**. v.17, p.67-89, 2004a.

LENZI, M.; ORTH, A.I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.26, p.198-201, 2004b.

LENZI, M.; ORTH, A.I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 17, n. 2, p. 67-89, 2004.

LENZI, M.; ORTH, A. I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 17, n. 2, p.67-89, 2004.

LIMA, M.R.F.; LUNA, J.S.; SANTOS, A.F.; ANDRADE, M.C.C.; SANT'ANA, A.E.G.; GENET, J.P.; MARQUEZ, B.; NEUVILLE, L.; MOREAU, N. Anti-bacterial activity of some Brazilian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, n.1-2, p. 137–147. 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.1. São Paulo: Ed. Plantarum. 1992. 385p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.1. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002a. 368p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.2. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002b. 368p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 512p.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 512p.

LUZ, L. V. da. **Caracterização citogenética e de crescimento de *Schinus terebinthifolius* Raddi**. 2013.107f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. 2013.

MABBERLEY, D.J. **The plant book: A Portable Dictionary of the Higher Plants**. 2.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 874 p.

MACIEL, M. A. M.; PINTO, A.C.; VEIGA JR.,V.F. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p.429-438, 2002.

MARTINEZ, M.J.; ALONSO, N.G.; BETANCOURT, J.B. Actividad antimicrobiana del *Schinus terebinthifolius* Raddi (copal). **Rev. cub. plantas med.**, Havana, v.1, n.3, p.37-39, 1996.

NEVES, E.J.M; SANTOS, A.M; GOMES, J.B.V; RUAS, F.G; VENTURA, J.A. **Cultivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para produção de pimentarosa**. Colombo: Embrapa Florestas, 2016. 10p. (Documentos, 294).

OLIVEIRA, D. M. **Estudo Químico e Biológico de Frutos de Plantas de Interesse Econômico: *Punica granatum* e *Schinus terebinthifolius***. 2012.135f. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

PECKOLT, T, Aroeira. **Revista da Flora Medicinal**, Rio de Janeiro, v.6, n.1, p.4-20, 1939.

QUEIROZ, W. N; SILVA, M. I. L; LIMA, R. L.S; BELTRÃO, N. E. M. **Efeitos de diferentes níveis de encharcamento do solo no crescimento do algodoeiro herbáceo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 9., **Anais...**, 2005, Salvador. Disponível em: http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/159.pdf Acesso em: 14 nov. 2015.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. **projeto madeira de Santa Catarina**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 320p.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**. Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues, v. 70, n. 34/35, p. 5-525, 1983.

SALES, M.D.C. **Avaliação e caracterização de insumos bioativos da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) com potencial econômico para o desenvolvimento tecnológico de bioprodutos**. 2013. 134f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, UFES, Espírito Santo. 2013.

SANTOS, A.C.A.; ROSSATO, M.; SERAFINI, L.A.; BUENO, M.; CRIPPA, L.B; SARTORI, V.C; DELLACASSA, E.; MOYNA, P.; Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae, do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p.154-159, 2008.

SANCHOTENE, M.C.C. **Frutíferas nativas úteis à fauna na arborização urbana**. Porto Alegre, Feplan,1985. 311p.

SARTORELLI, P.; SANTANA, J.S.; GUADAGNIN, R.C.; LAGO, J.H.G; In vitro Trypanocidal evaluation of pinene derivatives from essential oils of ripe fruits from *Schinus terebinthifolius* RADDI (Anacardiaceae), **Química Nova**, v.35 n. 4, p. 743-747, 2012.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; SCALON-FILHO, H.; FRANCELINO, C. S. F. Desenvolvimento de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 166-169, 2006.

SILVA, A.G.; ALMEIDA, D.L.; RONCHI, S.N.; BENTO, A.C.; SCHERER, R.; RAMOS, A.C.; CRUZ, Z.M.A. The essential oil of Brazilian pepper, *Schinus terebinthifolia* Raddi

in larval control of *Stegomyia aegypti* (Linnaeus, 1762). **Parasites & Vectors**, v. 3, n. 79, p. 1-7, 2010.

5.9 APÊNDICES

APÊNDICE – A Organização e distribuição dos tratamentos da pesquisa na área experimental 2 Localizada nas coordenadas geográficas: 19°12'59.92”S (latitude) e 40°03'03.08”W (longitude).

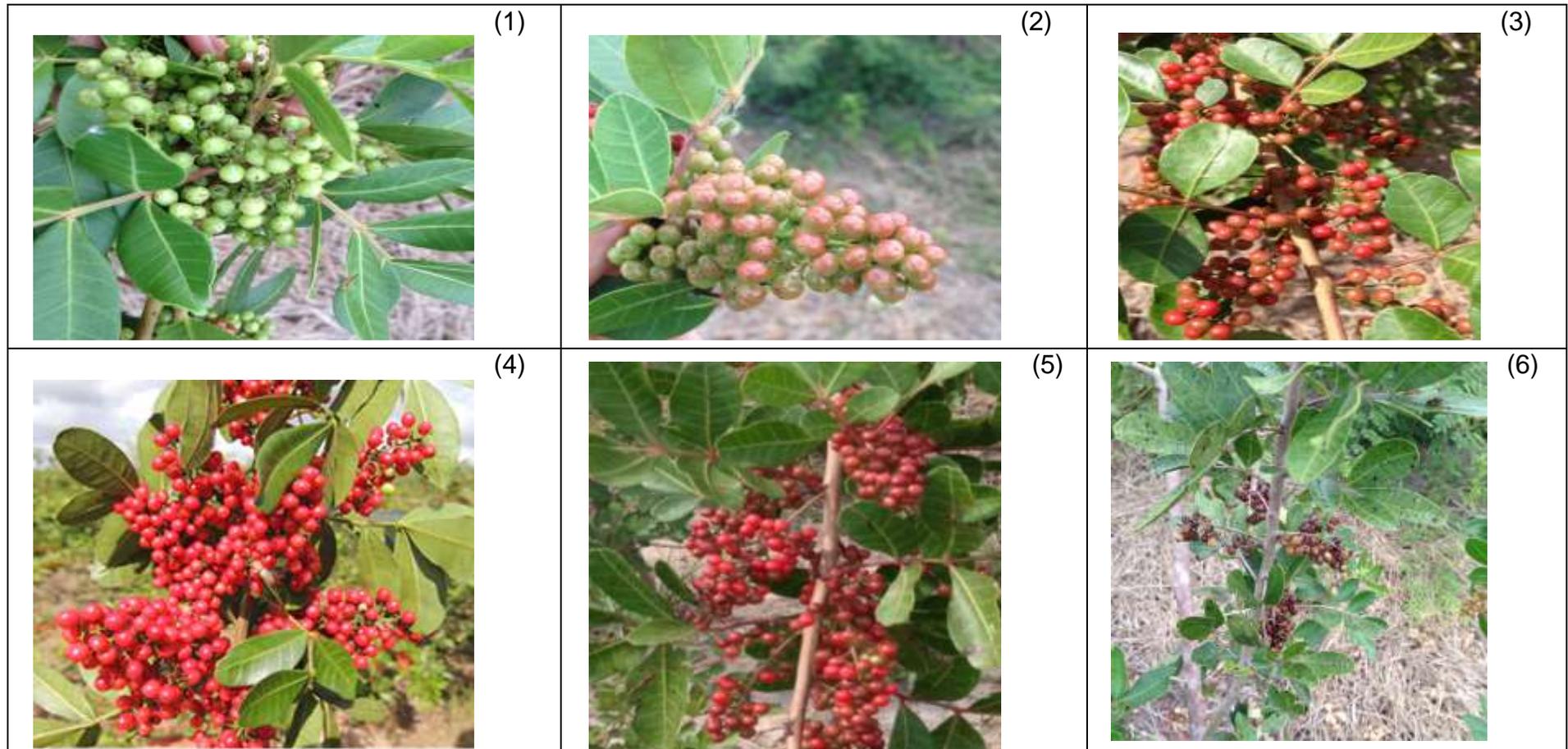
Espaçamento na linha (pendente)	Espaçamento na entrelinha (em nível)	Plantas/parcela	Lado da parcela na pendente	Lado da parcela em nível	Área da parcela m ²	Área do experimento: 141 m por 60 m Área total: 0,846 ha
3	3,5	49	18	21	378	

Diagrama de layout experimental com 3 blocos e 6 tratamentos (T1-T6) em uma grade de 3x6. Um ícone de seta azul indica a direção da pendente.

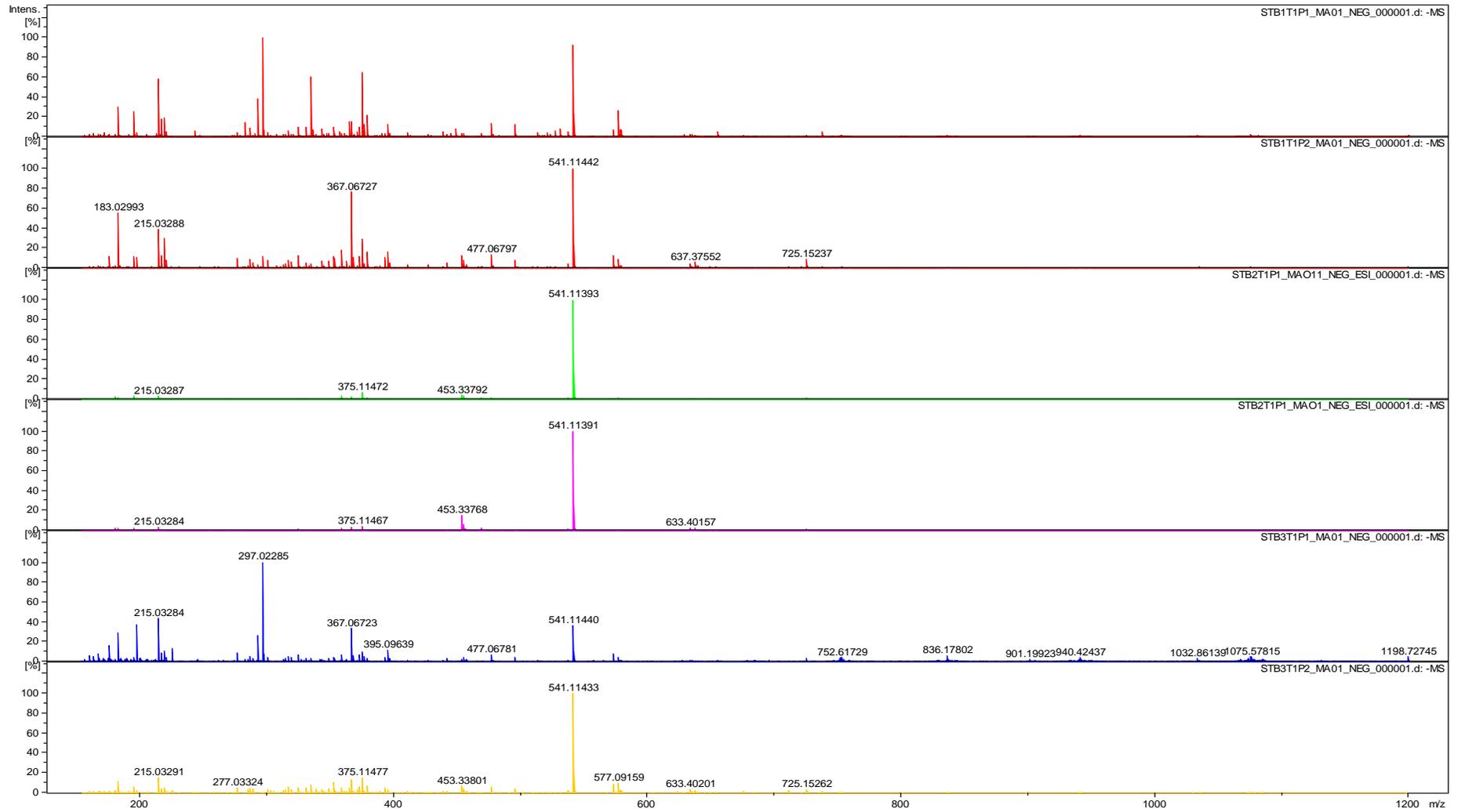
<p>P e n d e n t e u v p a r a</p>	Bloco 3	T5	T4	T3	T2	T1	T6
	Bloco 2	T3	T5	T6	T1	T2	T4
	Bloco 1	T6	T1	T2	T4	T5	T3

Largura das ruas	3	m
Largura da área na pendente	60	m
Comprimento da área em nível	141	m
Área do experimento	8.460	m ²

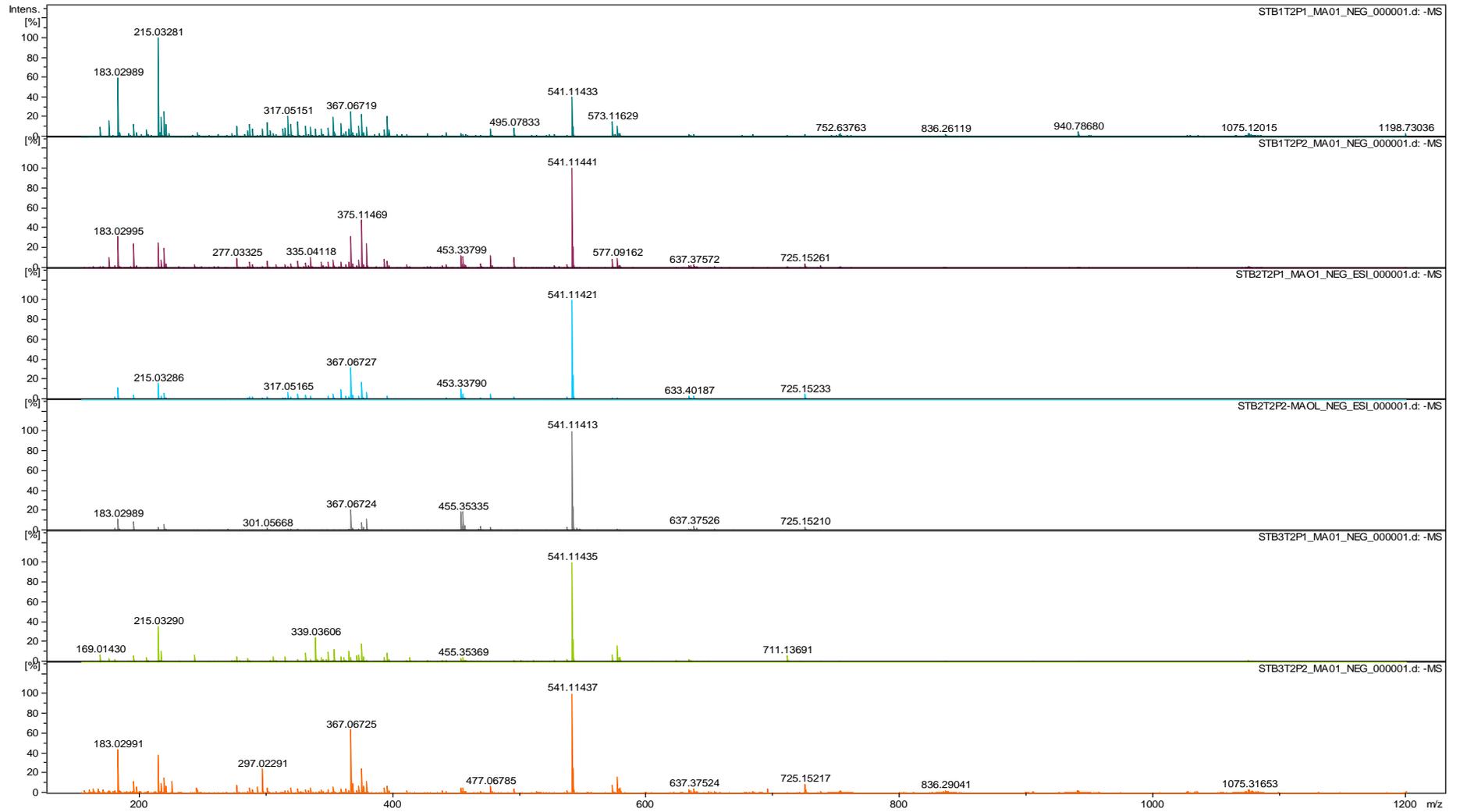
APÊNDICE – B Ilustração das feições fenológicas dos ramos produtivos de plantas de aroeira de acordo com a escala de maturação dos frutos de aroeira (*S. terebinthifolius*) de acordo com os estádios fenológicos. Fruto Verde (1); Fruto Verde rosado (2); Fruto rosado (3); Fruto vermelho em “maduro-ponto de colheita” (4); Fruto vinho Passado (5). Fruto seco (6).



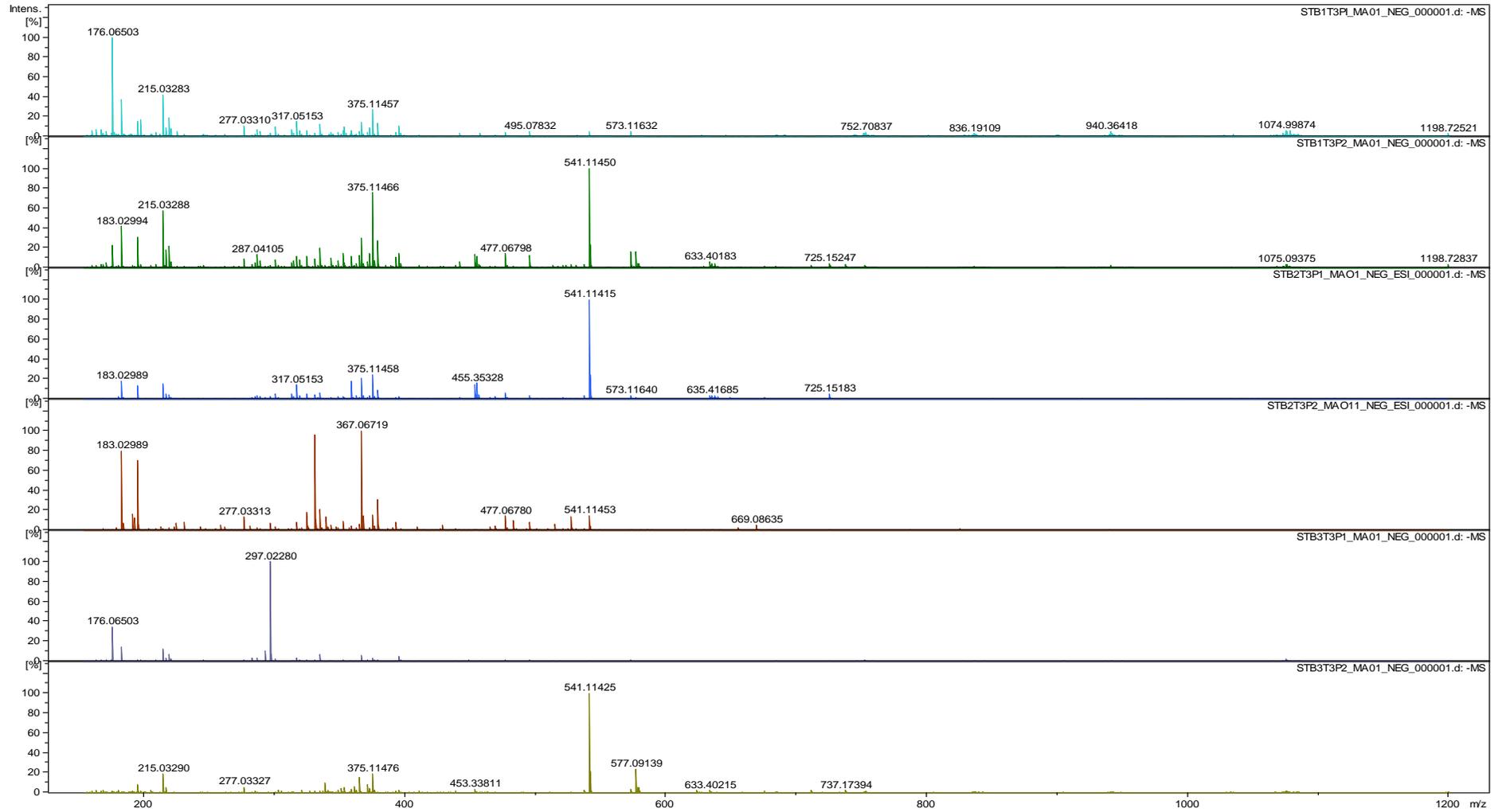
APÊNDICE – C Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-1).



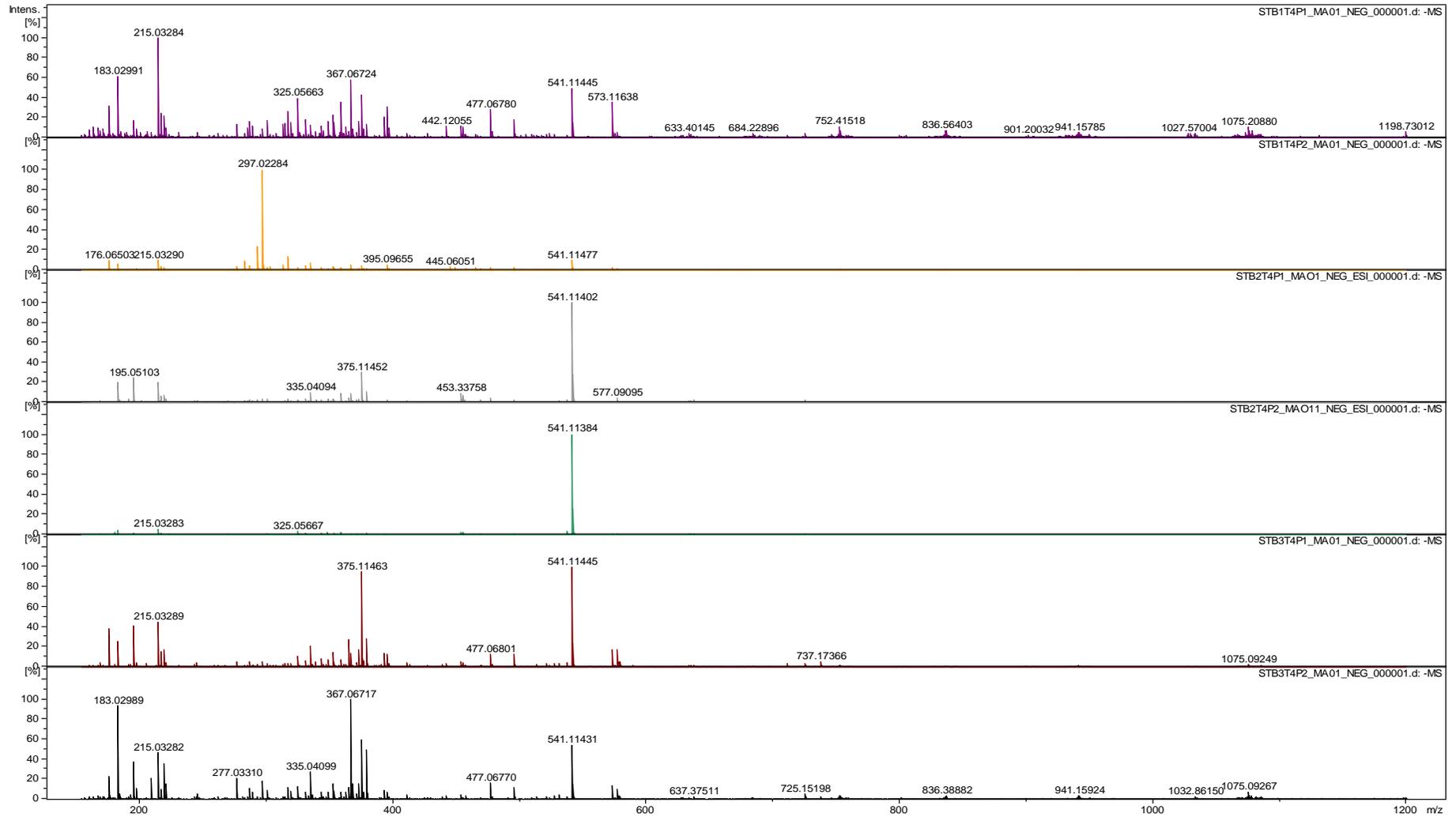
APÊNDICE – D Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-2).



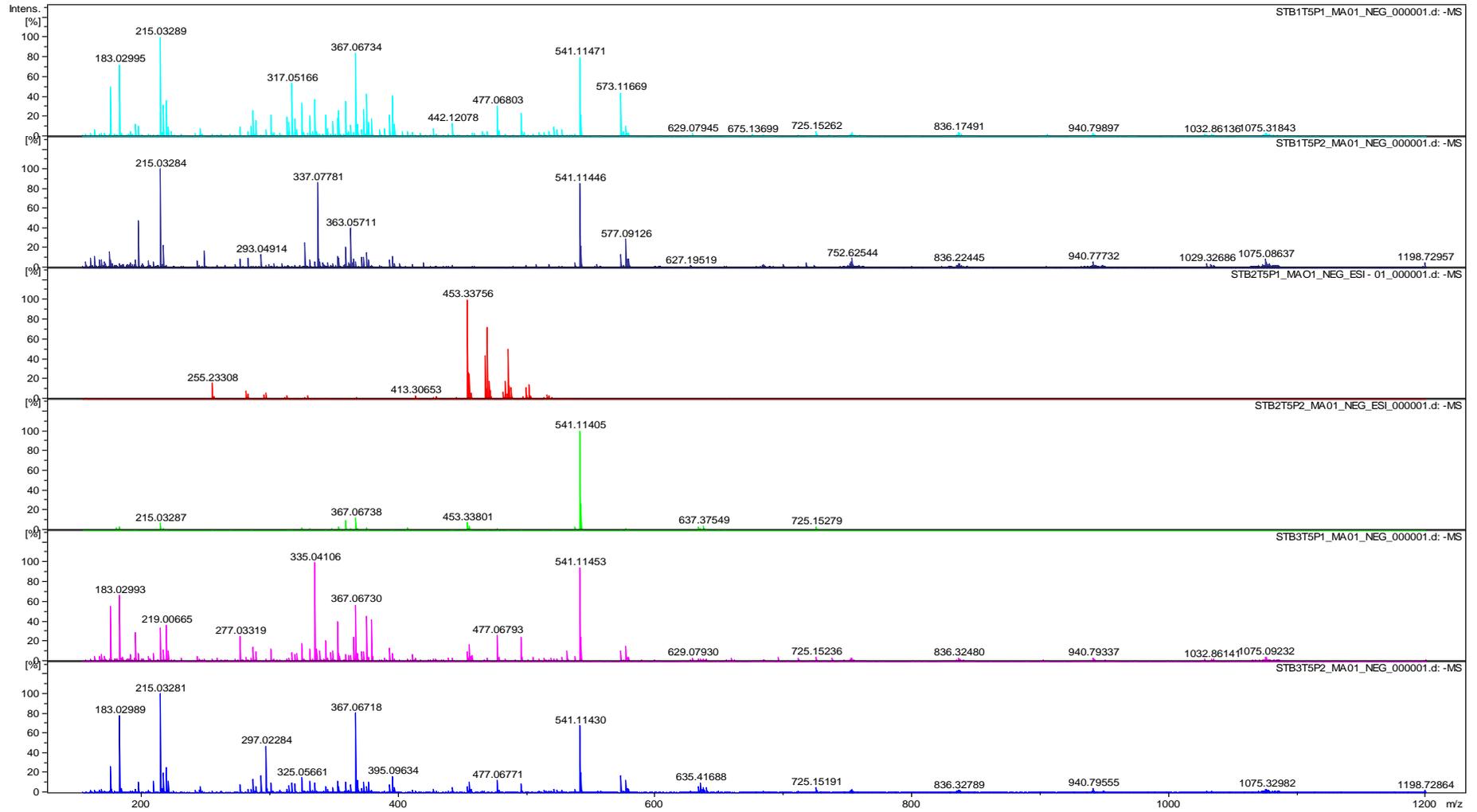
APÊNDICE – E Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-3).



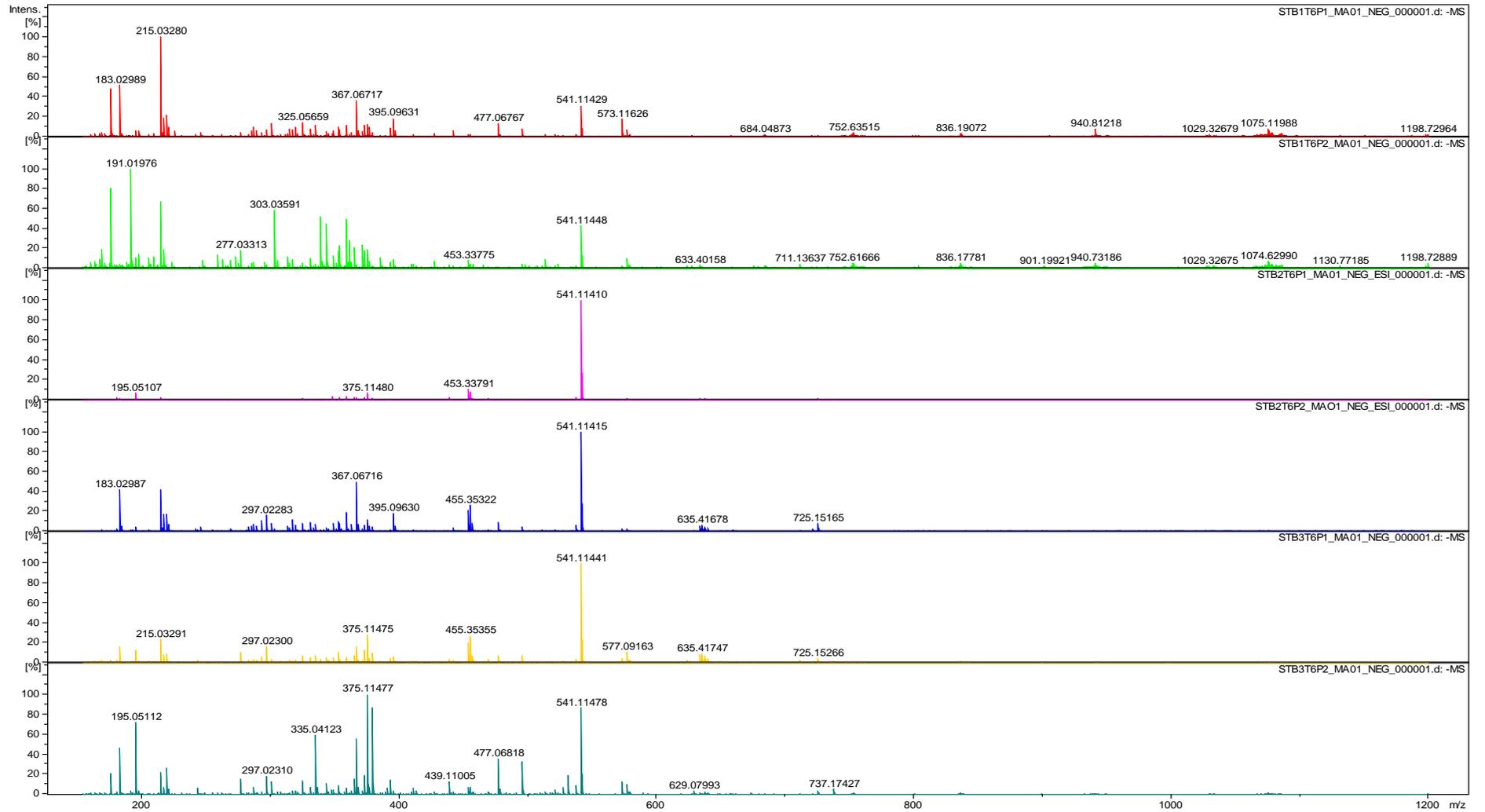
APÊNDICE – F Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-4).



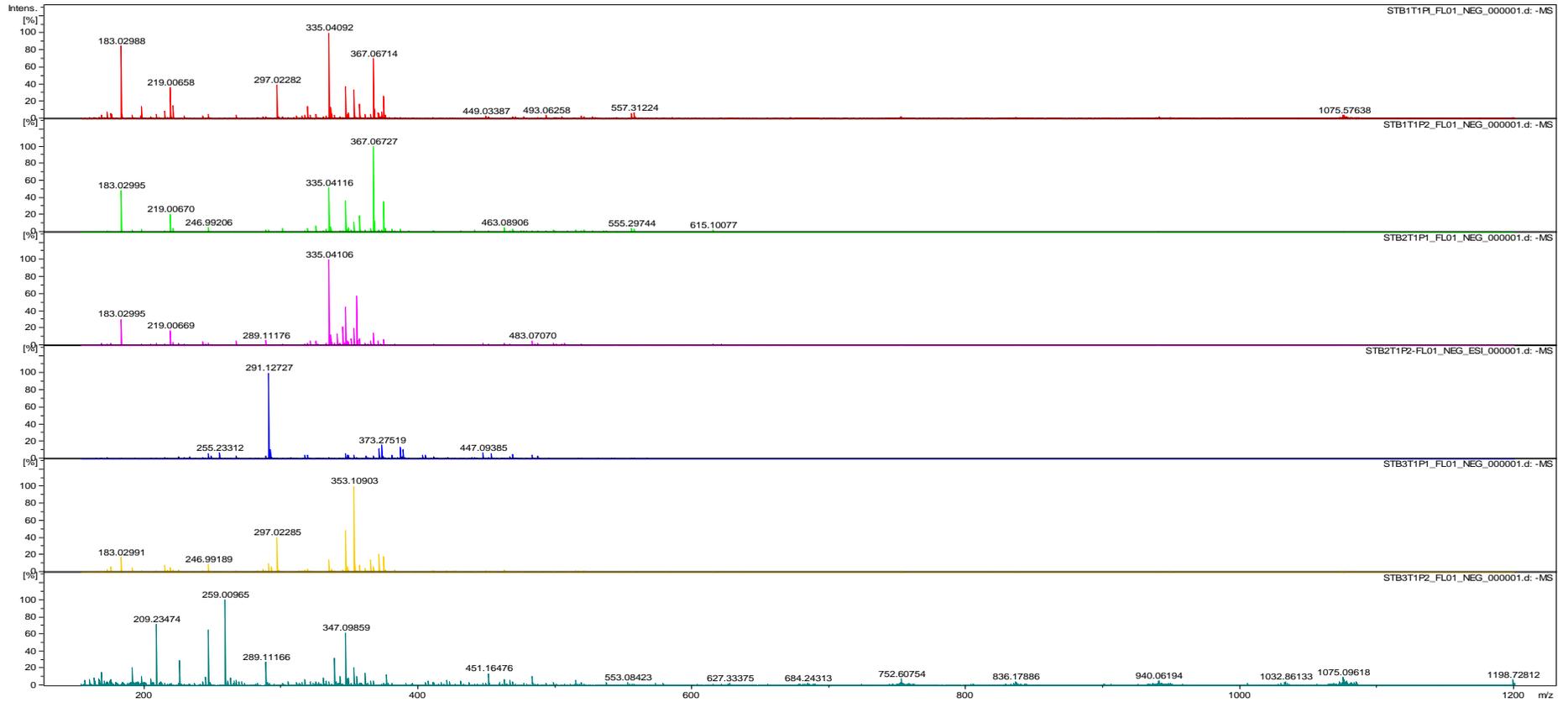
APÊNDICE – G Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-5).



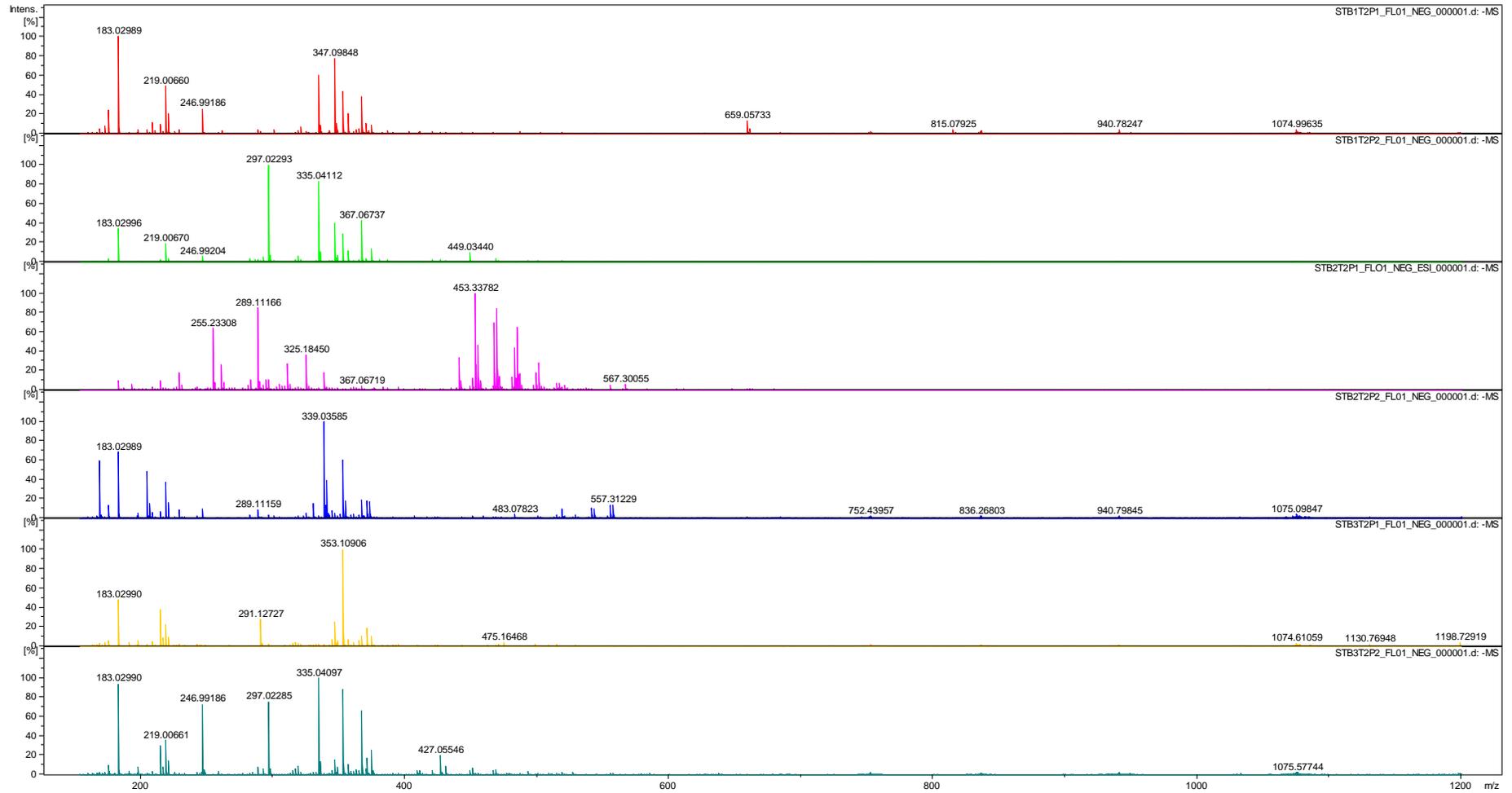
APÊNDICE – H Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de frutos por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-6).



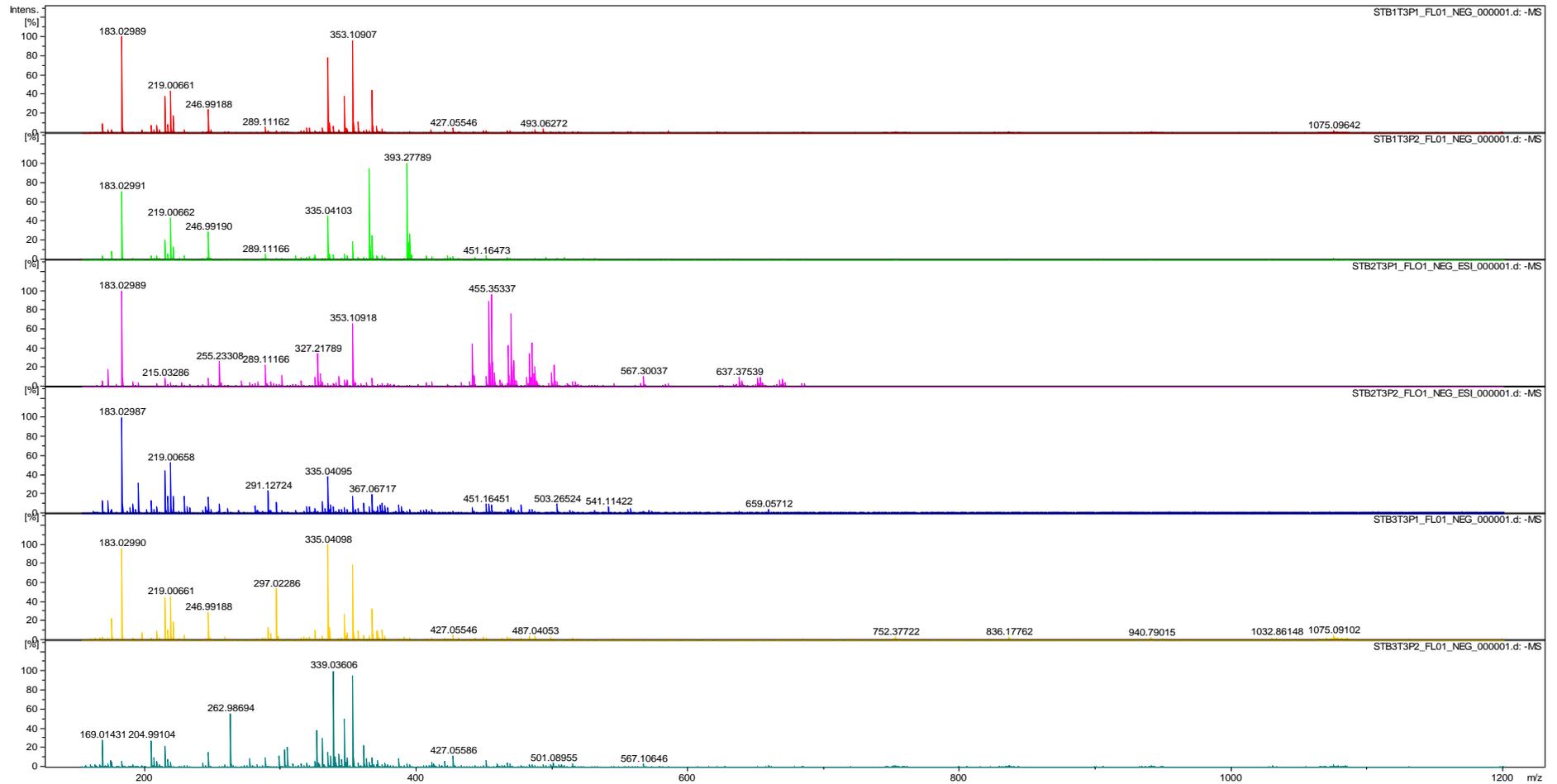
APÊNDICE – I Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-1).



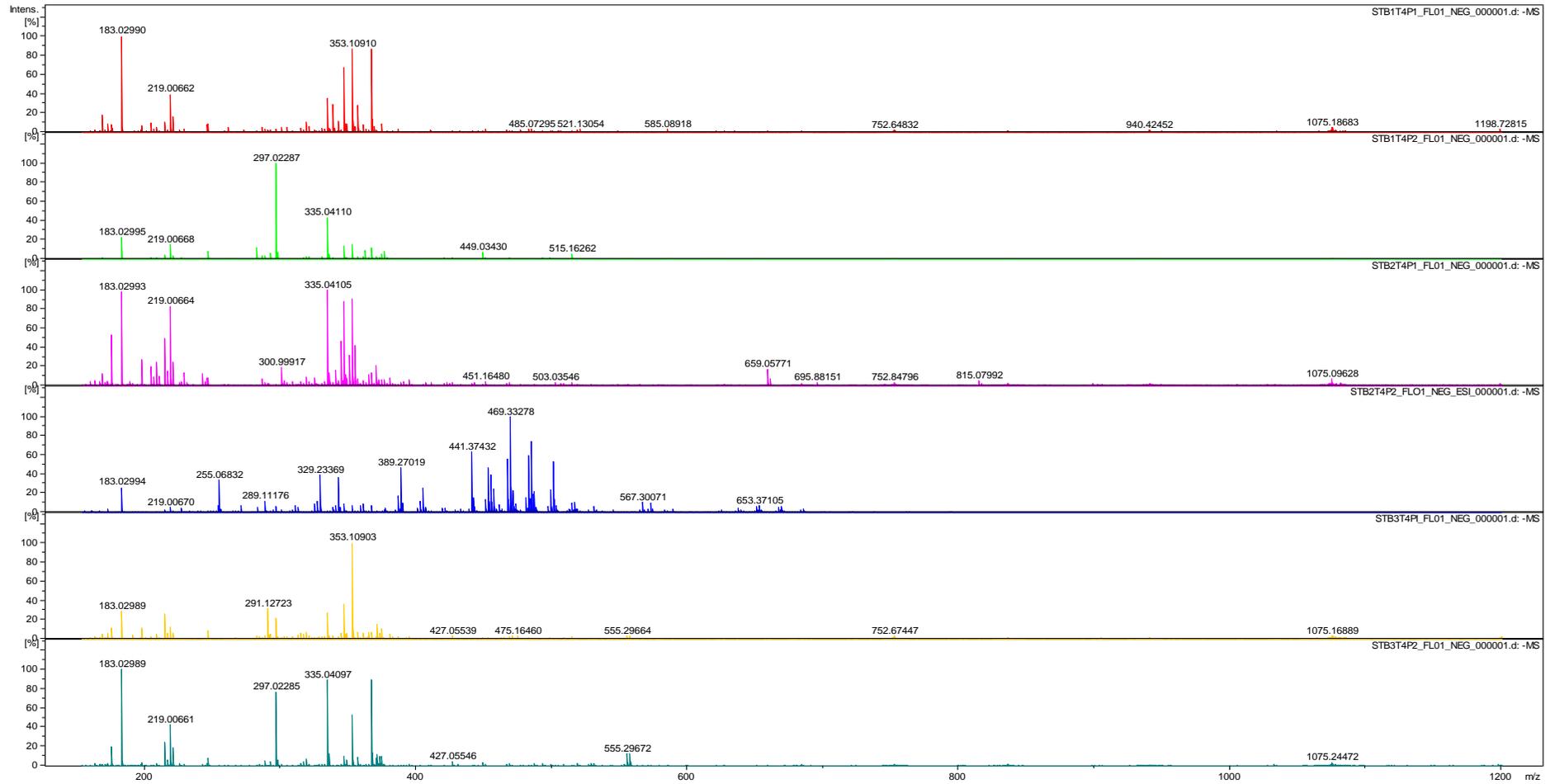
APÊNDICE – J Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-2).



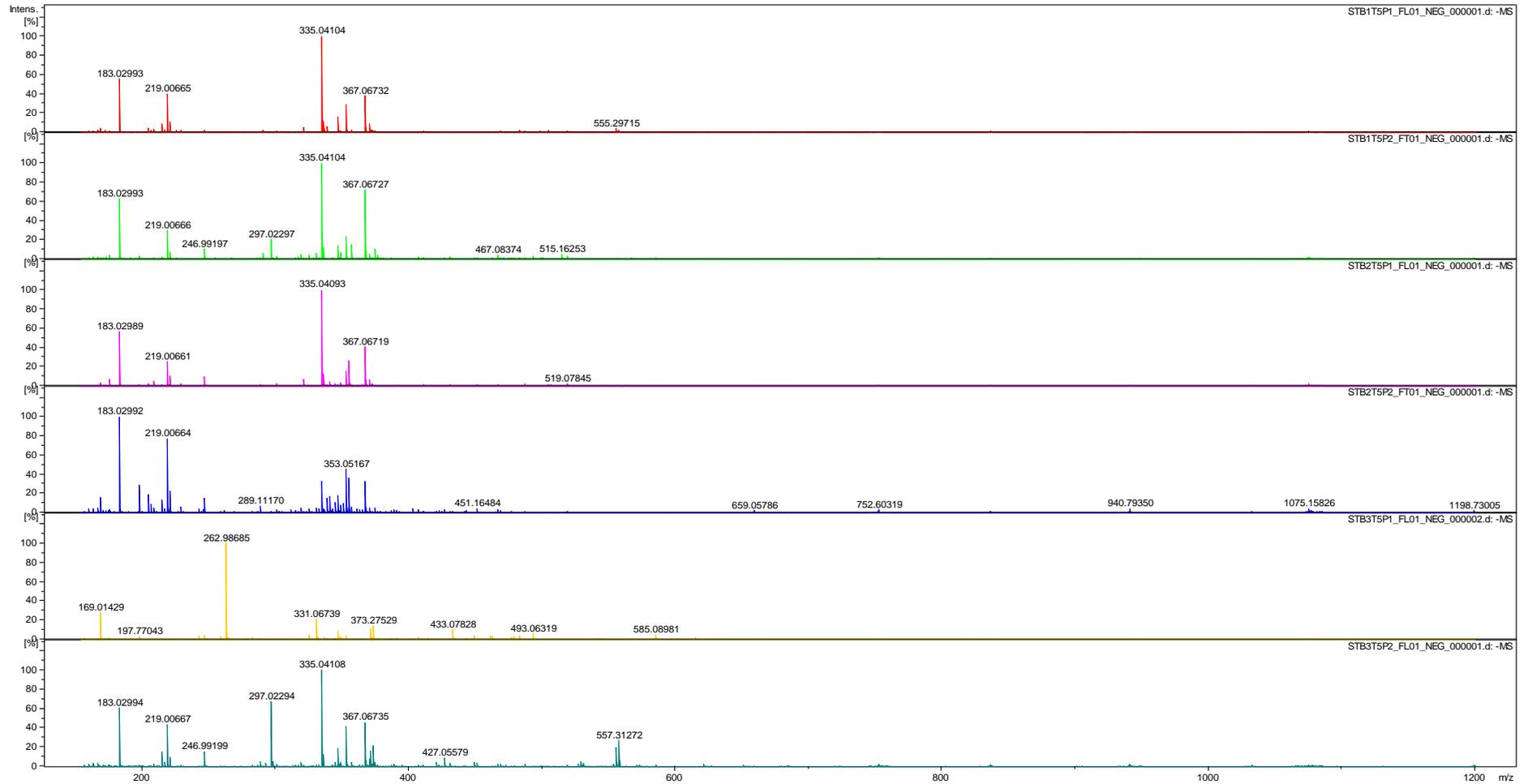
APÊNDICE – K Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-3).



APÊNDICE – L Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-4).



APÊNDICE – M Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-5).



APÊNDICE – N Cromatograma da análise (-)-ESI FT-ICR-MS de folhas por tratamento das amostras do tratamento sem adubação (Trat-6).

