



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO**

**Cecília Silva Valente**

**Diversidade funcional de uma espécie arbórea dioica  
(*Myrsine coriacea*) em fragmentos de Floresta Atlântica:  
Efeito do dimorfismo sexual e da fenologia**

**Alegre, ES  
Agosto 2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO**

**Diversidade funcional de uma espécie arbórea dioica  
(*Myrsine coriacea*) em fragmentos de Floresta Atlântica:  
Efeito do dimorfismo sexual e da fenologia**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento para obtenção do título de mestre em Genética e Melhoramento.

Discente: Cecília Silva Valente  
Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte  
Coorientadora: Profa. Dra. Tatiana Tavares Carrijo

**Alegre, ES**

**Agosto 2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

V154e Valente, Cecília Silva, 1993-  
Efeito do dimorfismo sexual e da fenologia no desempenho  
ecofisiológico de uma espécie dioica / Cecilia Silva Valente. – 2017.  
75 f. : il.

Orientador: Paulo Cezar Cavatte.

Coorientador: Tatiana Tavares Carrijo.

Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e  
Engenharias.

1. Ecofisiologia vegetal. 2. Altitude. 3. Mudanças climáticas. I.  
Cavatte, Paulo Cezar. II. Carrijo, Tatiana Tavres. III. Universidade  
Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.  
IV. Título.

CDU:631.523

---

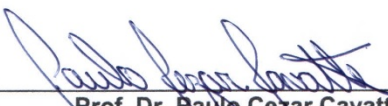
CECÍLIA SILVA VALENTE,

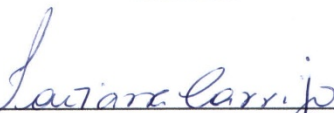
**EFEITO DO DIMORFISMO SEXUAL E DA FENOLOGIA NO DESEMPENHO  
ECOFISIOLÓGICO DE UMA ESPÉCIE DIOICA (*MYRSINE CORIACEA*) NA  
FLORESTA ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra em Genética e Melhoramento.

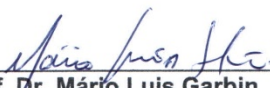
Aprovada em 04 de Agosto de 2017

**COMISSÃO EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte**  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
**Profa. Dra. Tatiana Tavares Carrijo**  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Coorientadora

  
\_\_\_\_\_  
**Profa. Dra. Juliana Rosa do Pará Marques de Oliveira**  
Universidade Federal do Espírito Santo

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Mário Luis Garbin**  
Universidade Vila Velha

*Aos meus pais Leizi e Clóvis Valente*

Dedico

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Espírito Santo pelo apoio logístico na execução do trabalho;

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pela concessão da minha bolsa de estudos durante o mestrado e financiamento do projeto;

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER); ao Parque Estadual de Pedra Azul (PEPAZ); ao Parque Estadual de Mata das Flores - Forno Grande e ao Parque Nacional do Caparaó pelo apoio na realização dos trabalhos de campo;

Ao professor Dr. Paulo Cezar Cavatte por tantos anos de orientação, companheirismo em todas as etapas do trabalho, amizade e valiosos ensinamentos a mim passados durante minha graduação e mestrado.

A professora Dra. Tatiana Tavares Carrijo, pela gratificante parceria neste trabalho e confiança em mim depositada;

À professora Dra. [Juliana](#) Rosa do Pará Marques de Oliveira por aceitar participar da banca examinadora. Tenho certeza que suas contribuições serão fundamentais para a excelência do trabalho. Agradeço também pela amizade e ensinamentos compartilhados desde minha graduação;

Ao professor Dr. Mário Luis Garbin e Renan Hollunder, pela análises estatísticas;

À equipe de trabalho em Ecofisiologia Vegetal pela ajuda nos trabalhos de campo. Amanda, Thales, Vinícius, Lindomar, Leonardo e Débora, vocês foram excepcionais;

Aos meus amigos do Laboratório de Botânica, em especial Filipe, Renan, Jaqueline, Roberta, Amélia, Cristiana e Jheniffer. O trabalho era sempre melhor na presença de vocês;

Ao meu noivo Iuri Lobão pelo apoio, amor, paciência e companheirismo de sempre;

Aos meus irmãos Hugo e Olavo pela força e torcida que, mesmo à distância, sempre me motivam em minha caminhada;

Aos meus pais, Leizi e Clóvis pela confiança que foi depositada em mim e no meu potencial, pelo exemplo de vida que são e por estarem sempre comigo em todos os momentos, incondicionalmente;

À Deus e ao meu Anjo Da Guarda pela proteção e força para alcançar meus objetivos.

Muito Obrigada!



*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém  
ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”*

*(Arthur Schopenhauer)*

## LISTA DE ABREVIATURAS

AC= Atividade cambial

ANT= Antocianinas

AF = Área foliar

AFE = Área foliar específica

AFT = Área foliar total

ALE = Alegre

ALT = Altitude

CAR= Carotenoides

CAS = Castelo

CC = Crescimento do caule

CLA= Clorofila A

CLB=Clorofila B

CR = Crescimento de ramos

CV= Crescimento vegetativo

DAP = Diâmetro na altura do peito

DOM = Domingos Martins

DRP = Dores do Rio Preto

FEN= Fenóis solúveis totais

FLO= Floração

FMC = Fração de massa caulinar

FMF = Fração de massa foliar

FRU= Frutificação

$F_vF_m$  = Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II

IUN = Iúna

MIM = Mimoso

MS = Massa seca

MST = Massa seca total

MUQ = Muqui

RAF = Razão de área foliar

TCA= Taxa de crescimento absoluto de ramos

TCR= Taxa de crescimento relativo do caule

VAR = Vargem Alta

VNI = Venda Nova do Imigrante

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Caracterização das populações de *Myrsine coriacea* das regiões sul e serrana do Espírito Santo utilizadas no estudo. Localização, coordenadas geográficas (latitude de longitude), altitude (m), precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) das nove populações, durante um ciclo fenológico completo da espécie [Crescimento Vegetativo (CV), Florescimento (FLO) e Frutificação (FRU)].

**Tabela 2.** Caracterização química e física do solo de nove populações de *Myrsine coriacea* localizadas nas regiões sul e serrana do Espírito Santo. Parâmetros químicos: Nitrogênio (N; dag kg<sup>-1</sup>), Potencial hidrogeniônico (pH), Fósforo (P; mg dm<sup>-3</sup>), Potássio (K; mg dm<sup>-3</sup>), Cálcio (Ca; cmolc dm<sup>-3</sup>), Alumínio (Al; cmolc dm<sup>-3</sup>) e Matéria Orgânica (MO; g kg<sup>-1</sup>). Como parâmetros físicos do solo, foram determinadas os percentuais de areia total, silte e argila.

**Tabela 3:** Efeito funcional da características funcionais ecofisiológicas avaliadas.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Localização geográfica das nove populações de *Myrsine coriacea* nas regiões sul e serrana do estado do Espírito Santo. Municípios de Alegre (ALE); Dores do Rio Preto (DRP), Castelo (CAS), Iúna (IUN); Mimoso do Sul (MIM); Muqui (MUQ); Domingos Martins (DOM), Vargem Alta (VAR) e Venda Nova do Imigrante (VNI).

**Figura 2.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de indivíduos de nove populações de *Myrsine coriacea* durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 3.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de nove populações de *Myrsine coriacea* durante as fases de crescimento vegetativo (A),

floração (B) e frutificação (C). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 4.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Alegre, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 5.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Alegre, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

**Figura 6.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Dores do Rio Preto, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 7.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Dores do Rio Preto, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

**Figura 8.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Castelo, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 9.**Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Castelo, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

**Figura 10.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Lúna, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 11.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Lúna, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

**Figura 12.**Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Mimoso do Sul, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 13.**Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Mimoso do Sul, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

**Figura 14.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Muqui, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 15.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Muqui, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

**Figura 16.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Domingos Martins, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 17.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Domingos Martins, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

**Figura 18.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Vargem Alta, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São



apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 19.**Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Vargem Alta, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

**Figura 20.**Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Venda Nova, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

**Figura 21.**Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Venda Nova, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2.MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
2.1 Caracterização dos locais de estudo.....	20
2.2 Escolha dos indivíduos.....	23
2.3 Períodos de avaliação.....	24

2.4 Características funcionais avaliadas.....	24
2.5 Análises de crescimento.....	26
2.6 Eficiência quântica potencial do fotossistema II (Fv/Fm).....	27
2.7 Concentração de pigmentos cloroplastídicos.....	27
2.8 Concentração de compostos fenólicos foliares.....	28
2.9 Determinação de conteúdo mineral foliar.....	28
2.10 Análises estatísticas.....	28
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
3.1 Efeito do dimorfismo sexual e das fase fenológicas.....	30
3.2 Interação entre o dimorfismo sexual e as variações fenológicas.....	32
3.3 Dimorfismo sexual e variações fenológicas em cada população.....	34
3.3.1 População ‘Alegre’.....	34
3.3.2 População ‘Dores do Rio Preto’.....	37
3.3.3 População ‘Castelo’.....	40
3.3.4 População ‘Lúna’.....	43
3.3.5 População ‘Mimoso’.....	46
3.3.6 População ‘Muqui’.....	49
3.3.7 População ‘Pedra Azul’.....	52
3.3.8 População ‘Vargem Alta’.....	55
3.3.9 População ‘Venda Nova do Imigrante’.....	58
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>68</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>

## **RESUMO**

O dimorfismo sexual em características secundárias, evidenciado em algumas espécies dioicas, permite que os indivíduos tenham estratégias de alocação e utilização de recursos de acordo com a demanda específica de cada sexo, aumentando assim a capacidade de explorar ambientes limitantes. Indivíduos femininos geralmente apresentam maior investimento de carbono durante o desenvolvimento reprodutivo, devido à produção de frutos. Indivíduos masculinos possuem maior demanda nutricional, para a produção de pólen. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do dimorfismo sexual e das fases fenológicas sobre o

desempenho ecofisiológico de árvores masculinas e femininas de *Myrsine coriacea* provenientes de nove populações. As características funcionais mensuradas estavam relacionadas com o crescimento, partição de biomassa, composição química do tecido foliar e eficiência fotossintética. De maneira geral, houve dimorfismo sexual no desempenho ecofisiológico. Porém, o efeito do dimorfismo sexual foi dependente da fase fenológica e das condições ambientais de cada população. Somente foi verificado dimorfismo sexual em características funcionais durante as fases de floração e frutificação. O desempenho de indivíduos masculinos esteve associado com a manutenção de maiores taxas de crescimento, enquanto o de femininos se relacionou aos maiores conteúdos de pigmentos cloroplastídicos e maior eficiência fotossintética. Os resultados demonstraram que a espécie apresentou uma combinação de alterações em características funcionais (diversidade funcional), como forma de responder às diferentes demandas de recursos a nível individual. A menor competição por recursos, favorece a coexistência dos sexos e maximiza a exploração dos recursos do ambiente, como forma de potencializar o sucesso reprodutivo da espécie.

**Palavras-chave:** Ecofisiologia vegetal, altitude, mudanças climáticas

## ABSTRACT

The sexual dimorphism in secondary characteristics, evidenced in some dioecious species, allows individuals to have strategies of allocation and use of resources according to the specific demand of each sex, increasing thus the ability to explore limiting environments. Females generally show greater carbon investment during reproductive development, due to fruit production. Males have a higher nutritional demand for the production of pollen. The aim of work was to assess the effects of the sexual dimorphism and of the phenological phases on ecophysiological performance between male and female trees of *M. coriacea* from nine populations. The functional

characteristics measured were related to growth, biomass partition, chemical composition of leaf tissue and photosynthetic efficiency. In general, there was sexual dimorphism in the ecophysiological performance. However, the effect of sexual dimorphism was dependent on the phenological phase and the environmental conditions of each population. Sexual dimorphism was observed in functional characteristics only during the flowering and fruiting phases. The performance of males was associated with the maintenance of higher growth rates, while female performance was related to higher contents of chloroplastidic pigments and greater photosynthetic efficiency. The results showed that the species presented a combination of changes in functional characteristics (functional diversity), as a way of responding to the different demands of resources at the individual level. The less competition for resources, favors the coexistence of the sexes and maximizes the exploitation of the resources of the environment, as a way to enhance the reproductive success of the species.

**Key-words:** Plant ecophysiology, altitude, climate changes

## 1. INTRODUÇÃO

O bioma da Mata Atlântica se destaca pela sua elevada biodiversidade e forte endemismo (Mittermeier et al., 2005). Um dos fatores que contribui para a elevada diversidade deste bioma é a sua amplitude latitudinal. Além disso, as grandes variações altitudinais, mesmo em pequenos intervalos de latitude, também contribuem para a elevada diversidade biológica (Rezende et al., 2015). Em altitudes mais altas ocorre diminuição da pressão atmosférica, decréscimo da temperatura e aumento da radiação solar (Smith et al., 2009). Como consequência do efeito dos fatores abióticos, variações altitudinais propiciam uma série de mudanças na vegetação (Barry 2008; McCain & Grytnes 2010; Dias et al., 2016). Este grande mosaico de características climáticas e ecológicas tornam o bioma Mata Atlântica um ambiente propício para estudos ecofisiológicos (Körner, 2007).

Estudos de ecofisiologia vegetal, em sua maioria, têm como objetivo avaliar a resposta de plantas em função de alterações ambientais, fornecendo informações para o entendimento do efeito das variações nas condições ambientais sobre o desempenho dos indivíduos (Ackerly et al., 2000; Luttge et al., 2007). A determinação de um conjunto de características funcionais é a forma mais usual para caracterizar a estratégia ecofisiológica de uma planta, quando submetida a uma determinada condição ambiental (Pérez-Harguindeguy et al., 2013).

Características funcionais são quaisquer características bioquímicas, fisiológicas, morfológicas ou fenológicas, mensuráveis no nível individual, que influenciam fortemente o desempenho ou a adaptabilidade do organismo ao ambiente (Violle et al., 2007; McGill et al., 2006). Mensurar a variação em características funcionais, significa determinar a diversidade funcional (Cianciaruso et al., 2009). A diversidade funcional está conceituada como “o valor e a variação das espécies e de suas características que influenciam o funcionamento do ecossistema” (Tilman, 2001). Estudos de diversidade funcional também podem se concentrar na influência da variação em determinadas características funcionais sobre o desempenho de indivíduos (Bradshaw, 1987; Laureto et al., 2015).

Em plantas, a determinação das principais características funcionais pode ser obtida determinando, de forma qualitativa ou quantitativa, características relacionadas com o crescimento, sobrevivência, capacidade reprodutiva, concentração de nutrientes no tecido foliar, desempenho fotossintético e alterações morfológicas (Ackerly et al., 2000; Wright et al., 2004). As características funcionais ligadas ao crescimento, aquisição/utilização de recursos e alocação de biomassa, apresentam elevada plasticidade fenotípica e afetam diretamente o desempenho das espécies em ambientes limitantes (Reich et al., 2003; Violle et al., 2007).

Os indivíduos de uma mesma espécie podem ter diferentes estratégias ecofisiológicas, dependendo das condições ambientais em que se encontram (Donovan et al., 2011). A habilidade dos indivíduos de responderem de forma diferenciada às condições ambientais poderá diminuir a competição por um determinado recurso, possibilitando a coexistência entre os indivíduos de uma mesma espécie (Bolnick et al., 2003). Além disso, espécies que apresentem grande variação intraespecífica possuem maior amplitude da distribuição espacial, pois podem ocupar uma maior variedade de ambientes (Lavorel et al., 2007).

Atualmente, cerca de 6 a 7% das espécies de angiospermas são reprodutivamente subdivididas em indivíduos femininos e masculinos e, portanto, são caracterizadas como espécies dioicas (Barrett & Hough, 2012). Embora a incidência da dioicia seja relativamente incomum, é relatada em quase metade de todas as famílias de angiospermas (Heilbut, 2000). Nas espécies dioicas, são encontrados dois tipos de dimorfismo sexual o primário e o secundário. O primário está relacionado com as alterações nas estruturas florais entre indivíduos masculinos (flores estaminadas) e femininos (flores pistiladas). Enquanto, o dimorfismo sexual secundário pode incluir qualquer aspecto na morfologia (tamanho de folhas), fisiologia (capacidade fotossintética) ou fenologia (maturidade reprodutiva) (Delph, 1999; Munné-Bosch, 2015).

O dimorfismo sexual em características secundárias permite que os sexos possuam estratégias diferenciadas de aquisição, alocação e utilização de recursos (Field et al., 2013, Hultine et al., 2016; Li et al., 2007). Indivíduos femininos, devido à produção de frutos, geralmente apresentam maior demanda por fotoassimilados, principalmente durante a fase reprodutiva (Obeso, 2002; Hultine et al., 2016). Por outro lado, indivíduos masculinos possuem um maior demanda por nitrogênio, para sustentar a produção de pólen (Case & Ashman, 2005; Li et al., 2007). Assim, o dimorfismo sexual em características secundárias é verificado principalmente durante a fase reprodutiva (Hultine et al., 2008), podendo ser verificado menores variações entre os sexos durante a fase de crescimento vegetativo (Barrett & Hough, 2012). Como consequência da demanda diferencial de recursos, indivíduos masculinos poderão apresentar maiores taxas de crescimento e indivíduos femininos serão mais susceptíveis às condições estressantes do ambiente (Juvany et al., 2013; Simancas et al., 2016).

Dentre as espécies dioicas nativas da Mata Atlântica, destaca-se *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult. (Primulaceae), também conhecida pelo sinônimo *Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pav. Mez), e popularmente como copororoca, que significa “árvores de ramos frágeis”. A espécie possui porte arbóreo e dispersão zoocórica. Os indivíduos ocorrem geralmente em padrão agregado, em áreas abertas, mais especificamente em bordas de matas e estradas de todos estados da região sudeste e sul do Brasil (Freitas & Carrijo, 2008; Freitas & Kinoshita, 2015). Suas folhas e ramos são cobertos por tricomas que lhes conferem um aspecto ferrugíneo. Possuem frutos pequenos, escuros, globosos e com cavidades secretoras. A espécie tem grande importância em programas de reflorestamento, pois apresenta fácil propagação, rápido crescimento e estabelecimento e, assim como em outras espécies do gênero *Myrsine*, seus frutos servem como alimento para avifauna local (Barroso et al., 2002; Freitas & Carrijo, 2008; Pineschi, 1990; Ricklefs, 2003).

A espécie dioica *M. coriacea* apresenta elevada diversidade funcional intraespecífica, quando submetidos às variações ambientais que ocorrem ao longo de um gradiente da altitude (Moreira, 2015).



Em populações localizadas em menores altitudes, indivíduos femininos, quando comparados aos masculinos, apresentaram maiores taxas de assimilação líquida de carbono, transpiração e condutância estomática. Entretanto, destaca-se que no trabalho de Moreira (2015), o desempenho da espécie foi avaliadosamente em três populações, pontualmente, durante a fase de frutificação. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do dimorfismo sexual e da fenologia sobre características funcionais de indivíduos de *M. coriacea* provenientes de nove populações, para responder as seguintes perguntas:

- i) Há dimorfismo sexual no desempenho ecofisiológico de indivíduos de *M. coriacea*?
- ii) Há diferença no desempenho ecofisiológico da espécie entre as fases fenológicas?
- iii) A diversidade funcional da espécie depende das condições ambientais de cada população?

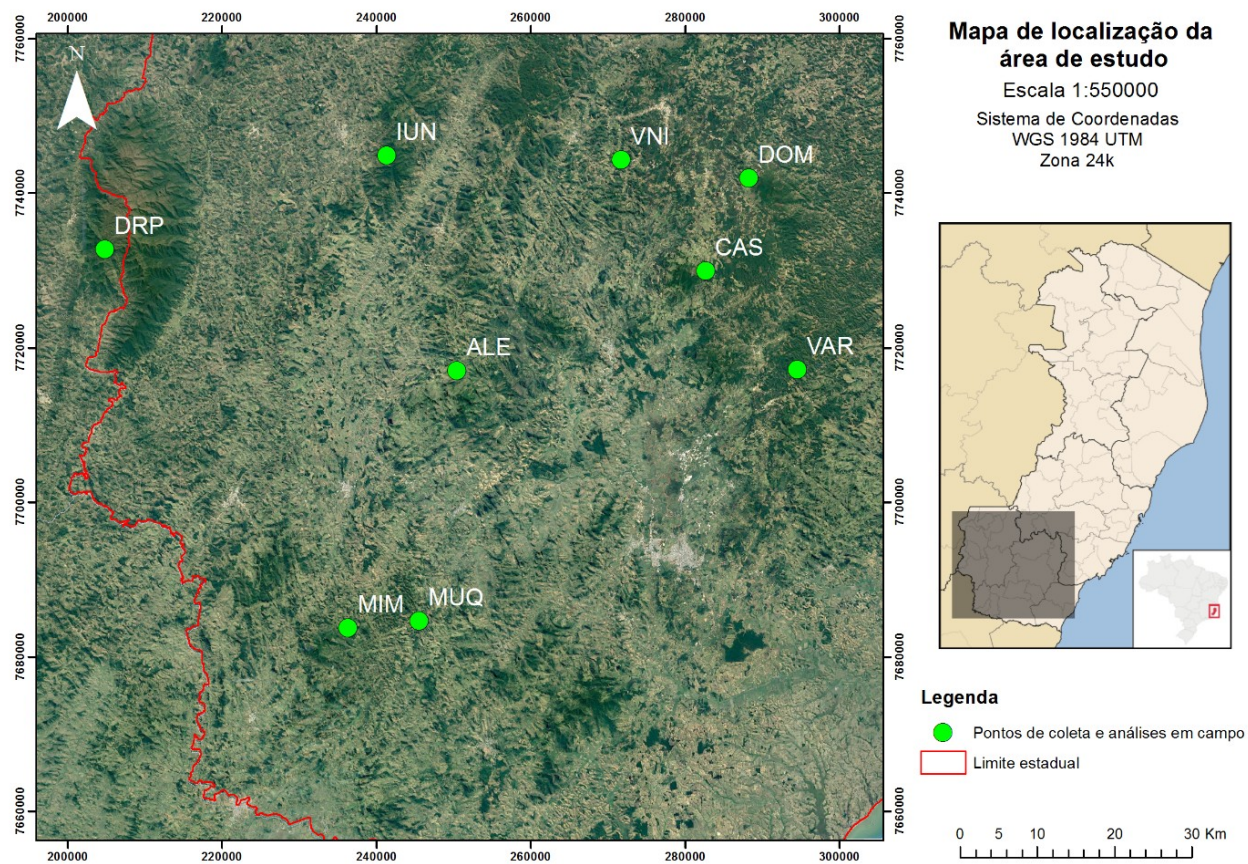
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização dos locais de estudo

O estudo foi realizado em populações de *Myrsine coriacea* ocorrentes em nove diferentes fragmentos da Floresta Atlântica, localizados nas regiões sul e serrana do estado do Espírito Santo (Figura 1). As coordenadas geográficas das populações estudadas foram obtidas por meio de GPS (Garmin, GPSMAP 64S). Os pontos foram registrados nas regiões centrais de cada população. As médias de precipitação acumulada e temperatura média das populações analisadas foram obtidas por meio de consulta aos boletins climatológicos trimestrais do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). Com base nos registros mensais de precipitação e temperatura, foram calculadas as médias correspondentes à cada fase fenológica (Tabela 1).

Na região da projeção da copa dos indivíduos de cada uma das nove populações, foram coletadas aproximadamente 500g de solo. As amostras por indivíduo foram então peneiradas e homogeneizadas, formando uma amostra composta, representativa de cada população. A caracterização química e física do solo de cada população, foi realizada conforme EMBRAPA (1997). A concentração de nitrogênio (N) foi determinada pelo método Kjeldahl; o potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado após a adição de água (relação solo-água 1:2,5); a concentração de fósforo (P) foi determinada após a extração com extrator Mehlich e determinação por colorimetria; a concentração de potássio (K) foi determinada após a extração com extrator Mehlich e determinação por espectrofotometria de chama; a concentração de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram determinadas após a extração com extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinação por espectrometria de absorção atômica; a concentração de alumínio (Al) foi determinada após a extração com extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e quantificação por titulometria; o teor de matéria orgânica foi determinado após oxidação do carbono por via úmida com dicromato de potássio em meio ácido (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). A análise física do solo

(granulométrica) foi realizada conforme o método de agitação lenta, com agitador tipo Wagner e determinação pelo método da pipeta (Almeida et. al. 2012) (Tabela 2).



**Figura 1.**Localização geográfica das nove populações de *Myrsine coriacea* nas regiões sul e serrana do estado do Espírito Santo. Municípios de Alegre (ALE); Dores do Rio Preto (DRP),Castelo (CAS), Iúna (IUN); Mimoso do Sul (MIM); Muqui (MUQ); Domingos Martins (DOM), Vargem Alta (VAR) e Venda Nova do Imigrante (VNI).

**Tabela 1.** Caracterização das populações de *Myrsine coriacea* das regiões sul e serrana do Espírito Santo utilizadas no estudo. Localização, coordenadas geográficas (latitude de longitude), altitude (m), precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) das nove populações, durante um ciclo fenológico completo da espécie [Crescimento Vegetativo (CV), Florescimento (FLO) e Frutificação (FRU)].

População	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Precipitação (mm)			Temperatura média (°C)		
					CV	FLO	FRU	CV	FLO	FRU
<b>MUQ</b>	Muqui	20°55'S	41°26'W	639	495	205	330	24,2	24,5	21,2
<b>ALE</b>	Alegre	20°37'S	41°23'W	752	500	195	420	24,5	25,0	20,7
<b>VNI</b>	Venda Nova do Imigrante	20°23'S	41°11'W	851	490	155	445	20,5	22,0	18,7
<b>VAR</b>	Vargem Alta	20°37'S	40°58'W	863	450	195	345	21,5	22,0	18,5
<b>MIM</b>	Mimoso do Sul	20°55'S	41°32'W	917	405	195	350	24,0	26,2	17,7
<b>IUN</b>	Iúna	20°22'S	41°28'W	1093	490	135	480	23,0	23,2	20,0
<b>CAS</b>	Castelo	20°31'S	41°05'W	1158	530	135	395	22,2	23,5	18,0
<b>DOM</b>	Domingos Martins	20°24'S	41°01'W	1302	510	145	375	20,7	21,2	17,7
<b>DRP</b>	Dores do Rio Preto	20°28'S	41°49'W	1774	640	180	395	16,0	13,0	8,0

**Tabela 2.** Caracterização química e física do solo de nove populações de *Myrsine coriacea* localizadas nas regiões sul e serrana do Espírito Santo. Parâmetros químicos: Nitrogênio (N; dag kg<sup>-1</sup>), Potencial hidrogeniônico (pH), Fósforo (P; mg dm<sup>-3</sup>), Potássio (K; mg dm<sup>-3</sup>), Cálcio (Ca; cmolc dm<sup>-3</sup>), Alumínio (Al; cmolc dm<sup>-3</sup>) e Matéria Orgânica (MO; g kg<sup>-1</sup>). Como parâmetros físicos do solo, foram determinadas as percentuais de areia total, silte e argila.

População	Análises químicas								Análise granulométrica		
	pH	N	P	K	Ca	Mg	Al	MO	Areia	Silte	Argila
<b>MUQ</b>	4,81	1,57	2,43	86	1,24	0,62	0,75	34,87	59	8	32
<b>ALE</b>	4,52	2,54	2,83	69	0,57	0,26	1,20	36,15	62	8	28
<b>VNI</b>	4,81	1,85	1,63	56	1,92	0,71	0,65	31,99	62	9	28
<b>VAR</b>	5,02	1,71	6,23	43	1,58	0,62	0,90	59,18	62	5	31
<b>MIM</b>	4,50	4,25	5,40	74	1,44	0,53	1,45	60,78	57	14	27
<b>IUN</b>	4,72	2,22	1,27	48	1,37	0,60	1,00	50,87	62	6	31
<b>CAS</b>	4,56	4,60	3,73	42	1,58	0,57	1,05	55,98	66	7	27
<b>DOM</b>	4,55	4,11	2,10	140	1,93	0,67	1,10	52,15	54	9	35
<b>DRP</b>	5,02	2,17	2,35	55	3,94	0,64	0,15	56,62	57	9	33

## 2.2 Escolha dos indivíduos

Em cada população foram escolhidas, identificadas e marcadas seis árvores masculinas e seis árvores femininas, obtendo um total de doze plantas de *M. coriacea* por população. Em uma mesma população, os indivíduos selecionados apresentavam aproximadamente a mesma altura e diâmetro à altura do peito. A identificação foi feita durante a época em que os indivíduos se encontravam na fase de floração. Árvores que possuem flores pistiladas foram identificadas como femininas, e as com flores estaminadas foram identificadas como masculinas. A marcação foi feita com a inserção de placas inoxidáveis possuindo um número de identificação fixadas com arame maleável no tronco de cada indivíduo.

### **2.3 Períodos de avaliação**

As excursões à campo para a obtenção de dados e coleta de material vegetal para análises, foram realizadas em intervalos de quatro meses, durante um ciclo fenológico completo (dezembro de 2015 a novembro de 2016). O primeiro intervalo de avaliação iniciou-se imediatamente após o período de frutificação e compreendeu a fase de **crescimento vegetativo** (dezembro de 2015 a março de 2016); o segundo intervalo compreendeu a **fase de florescimento** (abril a julho de 2016), e o terceiro intervalo (agosto a novembro de 2016) correspondeu a **fase de frutificação**.

### **2.4 Características funcionais avaliadas**

As características funcionais utilizadas para avaliar a diversidade funcional estão relacionados com o crescimento (taxa de crescimento absoluto de ramos e taxa de crescimento relativo do caule), com a partição de biomassa (área foliar específica, razão da área foliar, fração de massa foliar e fração de massa caulinar), com a composição química do tecido foliar (clorofilas, carotenoides, antocianinas, compostos fenólicos e cinzas) e com a eficiência fotossintética (eficiência quântica potencial do fotossistema II) (Tabela 3).

**Tabela 3:** Efeito funcional da características funcionais ecofisiológicas avaliadas.

Característica Funcional	Sigla	Unidade	Descrição	Referências
Antocianinas	ANT	mg kg <sup>-1</sup>	Pigmento associado com a deficiência mineral, principalmente de fósforo. Além disso, maiores valores se associam à maior capacidade antioxidante e maior proteção contra excesso de radiação e estresse oxidativo.	Lambers et al. (2008)
Área foliar específica	AFE	cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	Está relacionada com a assimilação de carbono e com a taxa de crescimento relativo da planta. Menores valores são associados com um maior investimento em componentes estruturais e, conseqüentemente, com maior resistência a dessecação e herbivoria, além de maior longevidade foliar. Sob sombreamento, espera-se maiores valores. Entretanto, sob condições limitantes de água e nutrientes, ganhos de desempenho são associados com menores valores.	Westoby et al. (2002) Wright et al. (2004)
Carotenoides	CAR	g kg <sup>-1</sup>	Desempenham papel essencial na fotoproteção, evitando danos às membranas fotossintéticas através do mecanismo de dissipação energética. Maiores valores estão associados à maior resistência e tolerância de plantas a ambientes expostos a estresse por excesso de radiação.	Ort & Baker (2002)
Cinzas	CIN	%	Representa a porcentagem de conteúdo mineral presente nas folhas. O mecanismo de acumulação de minerais em tecidos vegetativos parece ser explicado através do transporte passivo de minerais via xilema impulsionado pela transpiração. Maiores valores são associados com a manutenção da abertura estomática e, portanto, maior potencial fotossintético.	Cabrera-Bosquet, et al. (2009)
Clorofilas	CLO	g kg <sup>-1</sup>	Os teores de clorofila nas folhas são associados com a capacidade de absorção e transferência de energia. A concentração de clorofilas nas folhas também se correlaciona positivamente com o teor de nitrogênio na planta.	Lambers et al. (2008)
Eficiência quântica potencial do fotossistema II	$F_v/F_m$	-	Esta razão reflete a eficiência quântica do fotossistema II e é usada como um indicador da integridade e desempenho da maquinaria fotossintética da planta. Menores valores poderão refletir a presença de danos fotoinibitórios nos centros de reação do fotossistema II.	Maxwell & Johnson (2000)
Fenóis solúveis totais	FEN	µg mg <sup>-1</sup>	Compostos de alto custo metabólico, ricos em carbono e nitrogênio, envolvidos nos mecanismos bioquímicos e estruturais de defesa em plantas contra estresses bióticos. Maiores valores são associados à maior resistência à herbivoria, estresse oxidativo e proteção contra radiação UV-B.	Gill & Tuteja (2010)
Fração de massa foliar	FMF	g g <sup>-1</sup>	Representa o investimento da planta em tecido fotossintetizante.	Poorter & Nagel (2000)
Fração de massa caulinar	FMC	g g <sup>-1</sup>	Representa um investimento de biomassa para suporte biomecânico e hidráulico das folhas e dos frutos.	Villar et al. (2008)
Razão da área foliar	RAF	cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	Representa o investimento de biomassa para a formação de área foliar. Pode ser obtida após a multiplicação da AFE pela FMF. Expressa o investimento da planta em superfície para absorção de radiação e, conseqüentemente, produção de fotoassimilados. Agrupa os componentes morfológicos determinantes da taxa de crescimento relativo de uma planta.	Villar et al. (2008)
Taxa de crescimento absoluto de ramos	TCA	mm dia <sup>-1</sup>	Representa o incremento de matéria seca em determinado período de tempo. Maiores valores indicam maior velocidade de crescimento ao longo de um período específico de observação.	Benincasa (2004)
Taxa de crescimento relativo de caule	TCR	mm mês <sup>-1</sup>	É a razão entre crescimento diamétrico absoluto e pelo diâmetro do caule. Maiores valores se relacionam com os maiores taxas de crescimento radial da planta.	Magalhães (1985)

## 2.5 Análises de crescimento

Para a determinação da taxa de crescimento relativo do caule (TCR), bandas dendométricas de aço inoxidável foram confeccionadas (Keeland & Sharitz, 1993) e, em novembro de 2015 foram instaladas ou ajustadas em todas as árvores avaliadas. As bandas dendométricas foram instaladas na altura do peito, em uma porção do caule livre de irregularidades (Clark et al., 2002). Foi considerado um período de 30 dias para o ajuste das molas (O'Brien et al., 2008). O incremento diamétrico foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital, no final de cada fase fenológica. A TCR foi calculada após a divisão do crescimento diamétrico absoluto pelo diâmetro do caule.

Para a determinação da taxa de crescimento absoluto dos ramos (TCA), em cada indivíduo foram selecionados seis ramos, distribuídos ao longo de toda a copa. O critério de escolha levou em consideração ramos secundários de galhos totalmente expandidos, saudáveis e com aproximadamente 10 cm de comprimento. Imediatamente, após o período de frutificação, foi realizada a medição inicial destes ramos, seguida de medições em intervalos de quatro meses.

Em cada fase fenológica, dois ramos marcados de cada indivíduo foram coletados. A coleta foi realizada com o auxílio de uma tesoura de poda e, após destacados da planta, os ramos foram armazenados em sacolas plásticas para evitar a desidratação excessiva. No Laboratório de Botânica CCENS-UFES, todas as folhas dos ramos foram destacadas e fotografadas com uma câmera digital. A área foliar foi calculada com o auxílio do software de análise de imagens ImageJ®. Posteriormente, a massa seca total dos ramos foi determinada com o auxílio de uma balança analítica, após a secagem da biomassa (folhas e caule) em estufa de circulação forçada 60°C até atingirem massa constante. A área foliar específica (AFE) foi determinada após a divisão da área foliar pela massa seca foliar. A fração de massa foliar (FMF) foi obtida pela divisão da massa seca foliar pela massa seca total do ramo. A fração de massa caulinar (FMC) foi obtida pela divisão da massa seca caulinar pela



massa seca total do ramo. A razão de área foliar (RAF) foi determinada após a divisão da área foliar pela massa seca total do ramo (Pérez-Harguindeguy et al., 2013).

## 2.6 Eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ )

A determinação da eficiência quântica potencial do PS II ( $F_v/F_m$ ) foi realizada no campo, utilizando-se o fluorômetro portátil ([Photon Systems Instruments](#), FluorPen FP 100T). Em cada indivíduo, as leituras foram efetuadas em duas folhas totalmente expandidas, após adaptação no escuro por aproximadamente 30 minutos, para que todos os aceptores primários de elétrons estivessem oxidados. Posteriormente, a fluorescência mínima ( $F_0$ ) foi obtida com a excitação da área amostrada por uma luz vermelho-distante ( $0,03 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), e a fluorescência máxima ( $F_m$ ) pela aplicação de um pulso de 0,8s de luz actínica saturante ( $>6000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). A fluorescência variável ( $F_v$ ) foi determinada pela diferença entre  $F_0$  e  $F_m$  (Van Kooten & Snel, 1990), conforme a equação:

$$F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$$

## 2.7 Concentração de pigmentos cloroplastídicos

Aproximadamente 10 folhas de cada indivíduo foram coletadas ao longo de toda a copa. Após a coleta, as folhas foram colocadas dentro de envelopes de papel alumínio, acondicionadas em caixa de isopor com gelo e, posteriormente, transportados para o CCENS-UFES, onde foram armazenados em freezer sob temperatura de  $-30^\circ\text{C}$ . Posteriormente, o material vegetal foi seco em liofilizador por 48 horas, seguida da maceração em cadinho de porcelana. Aproximadamente 10 mg do material vegetal foi homogeneizado com 2 ml de acetona 80% e armazenado no escuro por aproximadamente 12 h sob temperatura de  $4^\circ\text{C}$ . Após esse período, a solução foi centrifugada (5 minutos a 10000 rpm) e posteriormente a absorvância foi determinada à 663 nm, 647 nm e 470 nm. A concentração dos pigmentos foi então determinada conforme a metodologia descrita por Lichtenthaler (1987).

## **2.8 Concentração de compostos fenólicos foliares**

Aproximadamente 25 mg do material vegetal foi colocado em microtubos e homogeneizado com 1000 µl de clorofórmio e 1000 µl de metanol. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 5000 rpm. O sobrenadante foi coletado e, após a adição de 500 µl de água, sob agitação, a mistura foi novamente centrifugada. A concentração de fenóis solúveis totais (FEN) foi determinada colorimetricamente (725 nm) no fase metanol/água, utilizando-se do reagente de Folin-Ciocalteu (1:1) e ácido tânico como padrão. A concentração de antocianinas (ANT) foi determinada após a determinação da absorvância à 529 nm, conforme descrito por Sims e Gamon (2002).

## **2.9 Determinação de conteúdo mineral foliar**

A quantificação do conteúdo mineral contido nas folhas se deu através da análise de cinzas. Para tal, aproximadamente 2 g de massa seca de folhas foram colocadas em cadinhos de porcelana pré-pesados. As amostras foram queimadas em mufla durante 4h a 600°C. O resíduo mineral resultante da queima foi então pesado. Os resultados foram expressos como percentagem de massa seca (Cabrera-Bosquet et al., 2009).

## **2.10 Análises estatísticas**

Os dados foram organizados em uma matriz onde as linhas correspondem aos indivíduos e as colunas às variáveis descritoras. Para cada indivíduo, um segundo conjunto de vetores indicou o sexo (masculino ou feminino), a população de origem e a fase fenológica correspondente (crescimento vegetativo (1), floração (2) ou frutificação (3)). Antes de proceder às análises, os dados foram padronizados pela dispersão e o menor valor (mais negativo) foi subtraído dos demais de forma a obter apenas valores positivos, e foi utilizada a distância euclidiana como medida de distância entre os objetos (Legendre & Legendre, 2012)

Aplicaram-se análises de coordenadas principais (Legendre & Legendre 2012) a todo o conjunto de dados, dentro de cada população, e dentro de cada fase fenológica, indicando os indivíduos

masculinos e femininos visualmente. Posteriormente, as diferenças entre indivíduos masculinos e femininos foram testadas via análise de variância por testes de permutação não paramétricos (PERMANOVA; Anderson 2001; McArdle & Anderson 2001) para todo o conjunto de dados, dentro de cada população (restringindo as permutações dentro de cada tempo), e dentro de cada janela temporal. Dado que diferenças entre os grupos também podem surgir por dispersão dos objetos no espaço multivariado (Warton et al., 2012), também foi utilizado um teste para detectar diferenças na dispersão (BETADISPER, Anderson et al., 2006). Foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis seguido do teste de Dunn para testar se existe diferença estatística entre as médias das variáveis ecofisiológicas em diferentes fases fenológicas para cada sexo. Todas as análises foram realizadas no o ambiente R (R Core Team, 2016) utilizando os pacotes 'stats', 'dunn.test' e 'vegan' (Dinno, 2017).

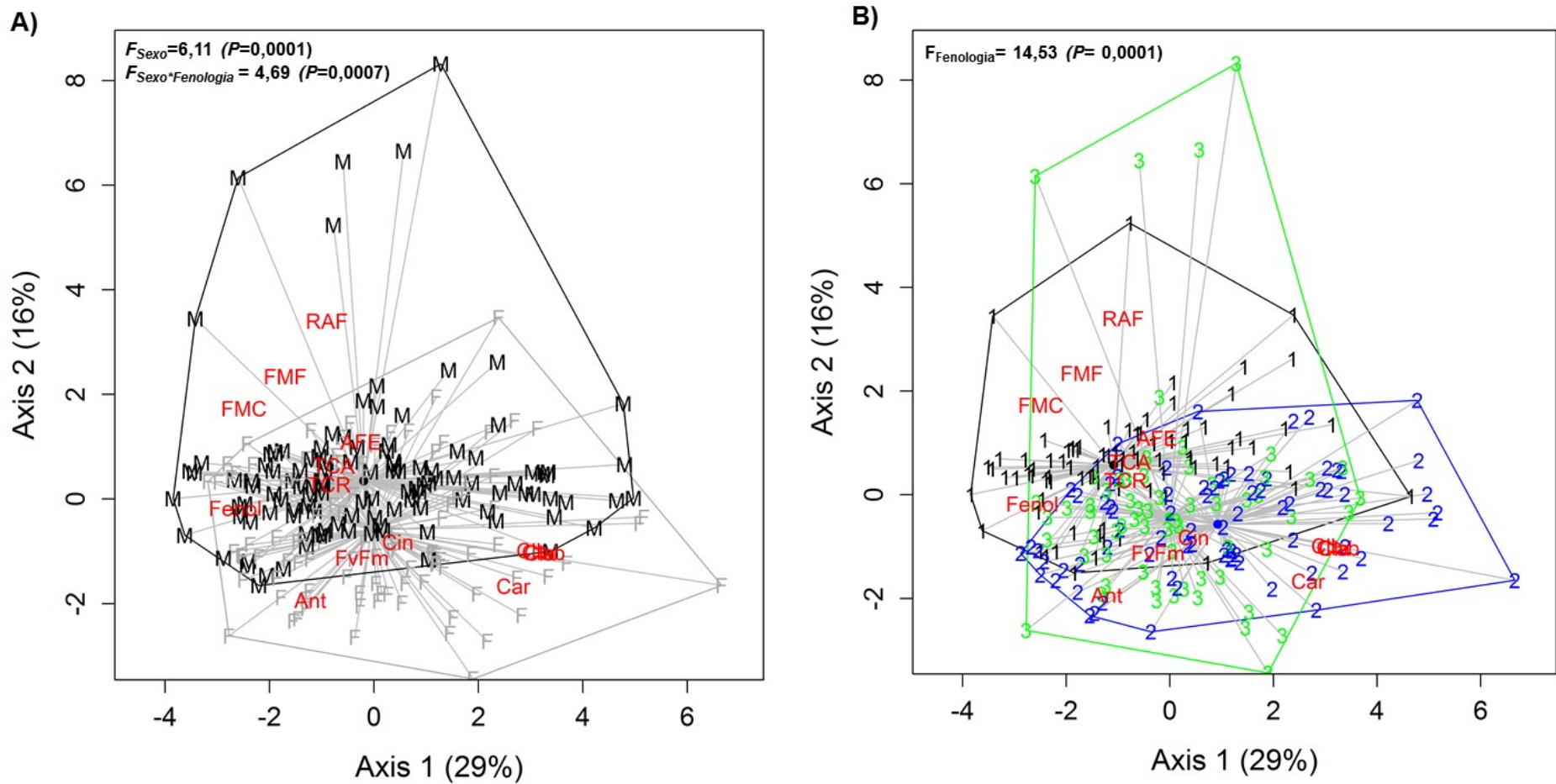
### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Efeito do dimorfismo sexual e das fase fenológicas

Não houve diferença na dispersão entre os conjuntos de dados que foram utilizados na análise de variância por testes de permutação (PERMANOVA). A interação tripla entre os sexos, as fases fenológicas e as populações não foi significativa. Porém, a interação entre os sexos e as fases fenológicas foi significativa ( $P_{\text{sexo*fenologia}}=0,0007$ ) (Fig. 2A).

Considerando todas as populações analisadas, houve diferença no desempenho entre plantas masculinas e femininas ( $P_{\text{sexo}}=0,0001$ ). O dimorfismo sexual em características funcionais é expresso principalmente ao longo da segunda coordenada principal, podendo ser verificado que o desempenho de indivíduos masculinos está associado com maiores valores de RAF, FMF e AFE, enquanto o de femininos se relacionou a maiores valores de  $F_v/F_m$ , ANT, CAR e CLO (Fig. 2A).

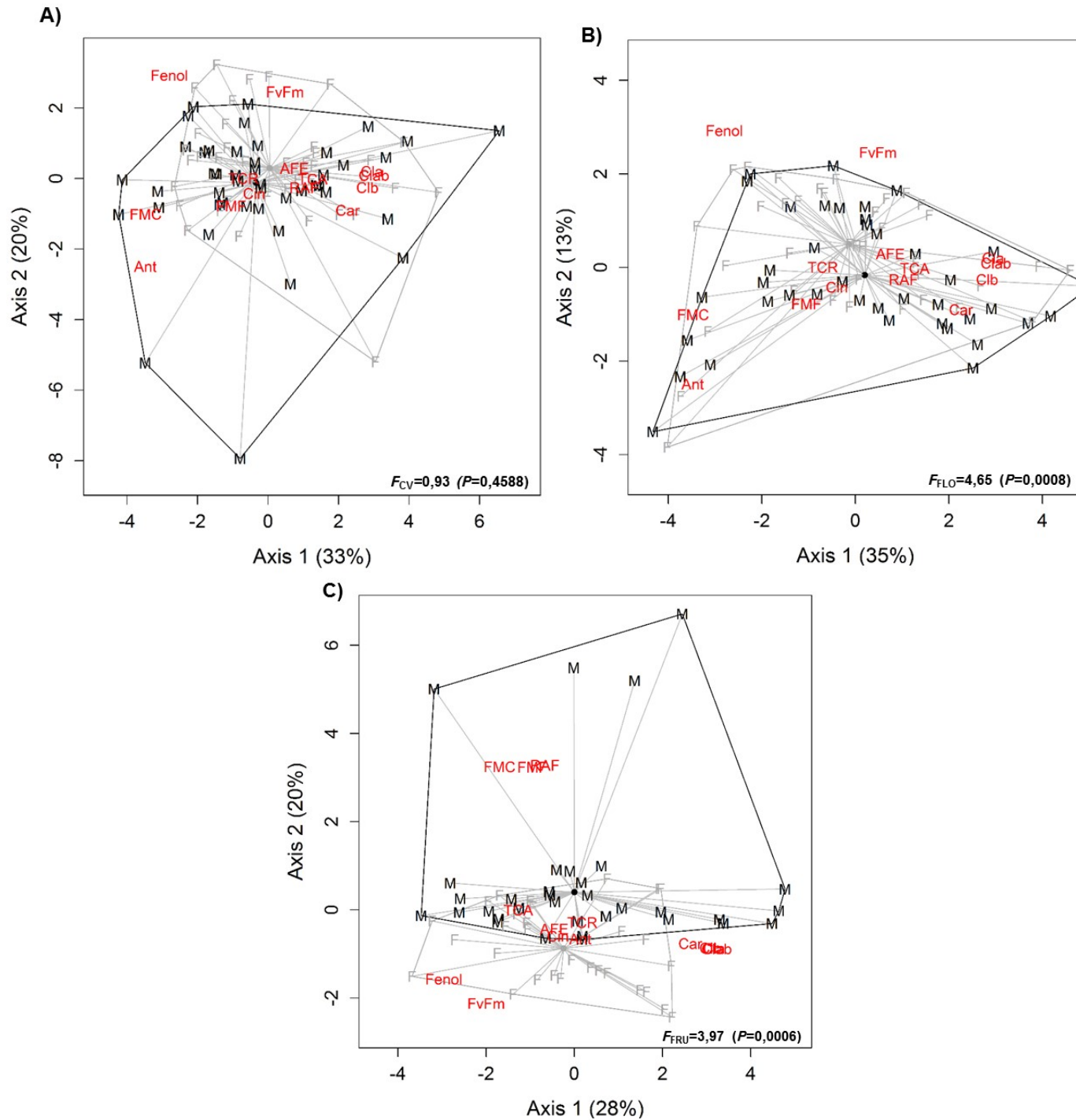
A variação nas características funcionais verificada ao longo das fases fenológicas foi significativo ( $P_{\text{fenologia}}=0,0001$ ) e as diferenças foram expressas principalmente pela primeira coordenada principal. As maiores dispersões e, portanto, maiores variações entre os indivíduos são expressas durante a fase de frutificação (Fig. 2B).



**Figura 2.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de indivíduos de nove populações de *Myrsine coriacea* durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA

### 3.2 Interação entre o dimorfismo sexual e as variações fenológicas

Não foi verificada diferença no dimorfismo sexual em características funcionais durante a fase de crescimento vegetativo ( $P_{CV} = 0,4588$ ) (Fig. 3A). A diferença foi significativa apenas durante as fases de floração e frutificação ( $P_{FLO} = 0,0008$  e  $P_{FRU} = 0,0006$ ). As respostas divergentes entre os sexos foram expressas principalmente pela segunda coordenada principal. Durante a fase de floração, o desempenho de indivíduos masculinos foi associado principalmente a maiores valores de CAR,  $F_v/F_m$ , FMF e CLO, enquanto que o de indivíduos femininos se relacionou às maiores taxas de FMC e FEN. Durante a fase de frutificação, o desempenho de indivíduos masculinos foi associado aos maiores valores de FMF, TCA, TCR e RAF, enquanto indivíduos femininos apresentaram maiores valores de FEN,  $F_v/F_m$ , CLO e CAR (Fig. 3B, C).



**Figura 3.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de nove populações de *Myrsine coriacea* durante as fases de crescimento vegetativo (A), floração (B) e frutificação (C). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.

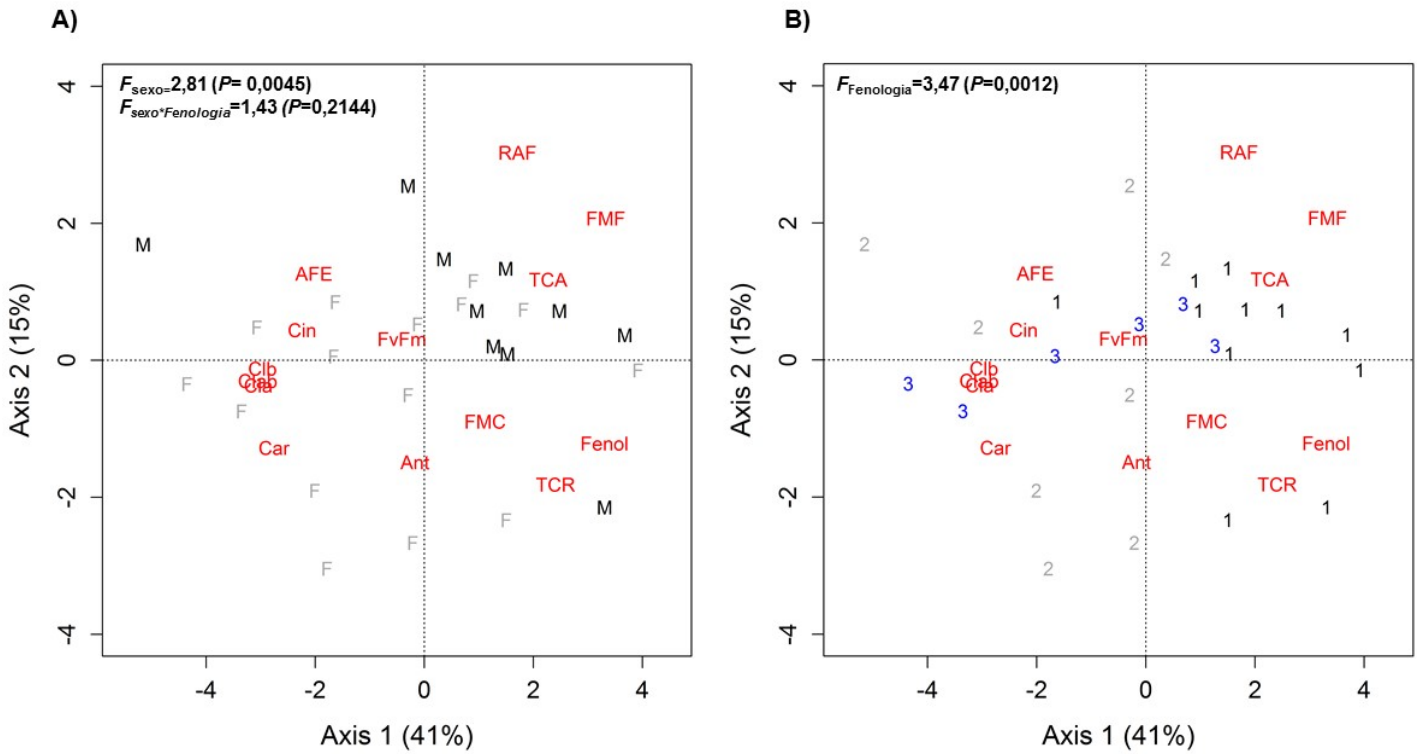
### 3.3 Dimorfismo sexual e variações fenológicas em cada população

#### 3.3.1 População 'Alegre'

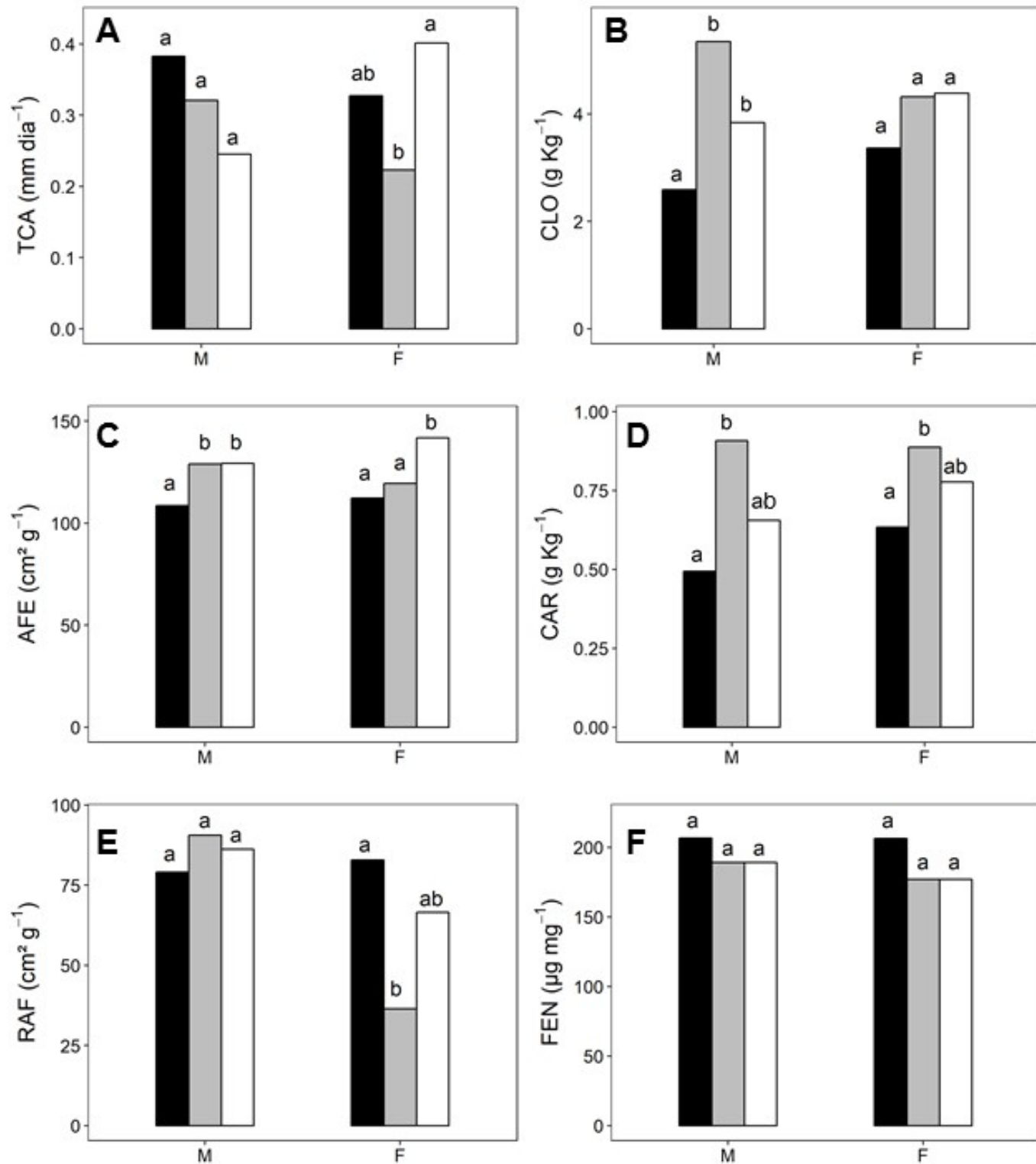
Não houve interação significativa entre os sexos e as fases fenológicas ( $P_{\text{sexo*fenologia}}=0,2144$ ). Porém, os indivíduos apresentaram dimorfismo sexual, independentemente da fase fenológica ( $P_{\text{sexo}}=0,045$ ). Além disso, independentemente do sexo, foi verificada diferenças significativas entre as fases fenológicas ( $P_{\text{fenologia}}=0,0012$ ). As diferenças entre os sexos são expressas principalmente ao longo da segunda coordenada principal. O desempenho dos indivíduos masculinos foi associado com maiores valores de TCA, RAF e FMF, enquanto que o desempenho de indivíduos femininos esteve associado com maiores CAR, CLO e CIN (Fig. 4A).

As diferenças entre as fases fenológicas foram expressas, principalmente, pela primeira coordenada principal. As maiores dispersões e, portanto, maiores variações entre os indivíduos, foram expressas durante as fases de floração e frutificação (Fig. 4B). Plantas masculinas apresentaram manutenção da TCA e da RAF durante as fases fenológicas e folhas com menor concentração de CLO e CAR durante a fase de crescimento vegetativo. Plantas femininas apresentaram decréscimo na TCA e RAF durante a fase de florescimento (Fig. 5A, E). No geral, plantas femininas não apresentam diferenças na concentração de CLO e CAR ao longo das fases fenológicas (Fig. 5B, D).





**Figura 4.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Alegre, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F (F) e da probabilidade de significância (P) obtidos pelo teste da PERMANOVA.



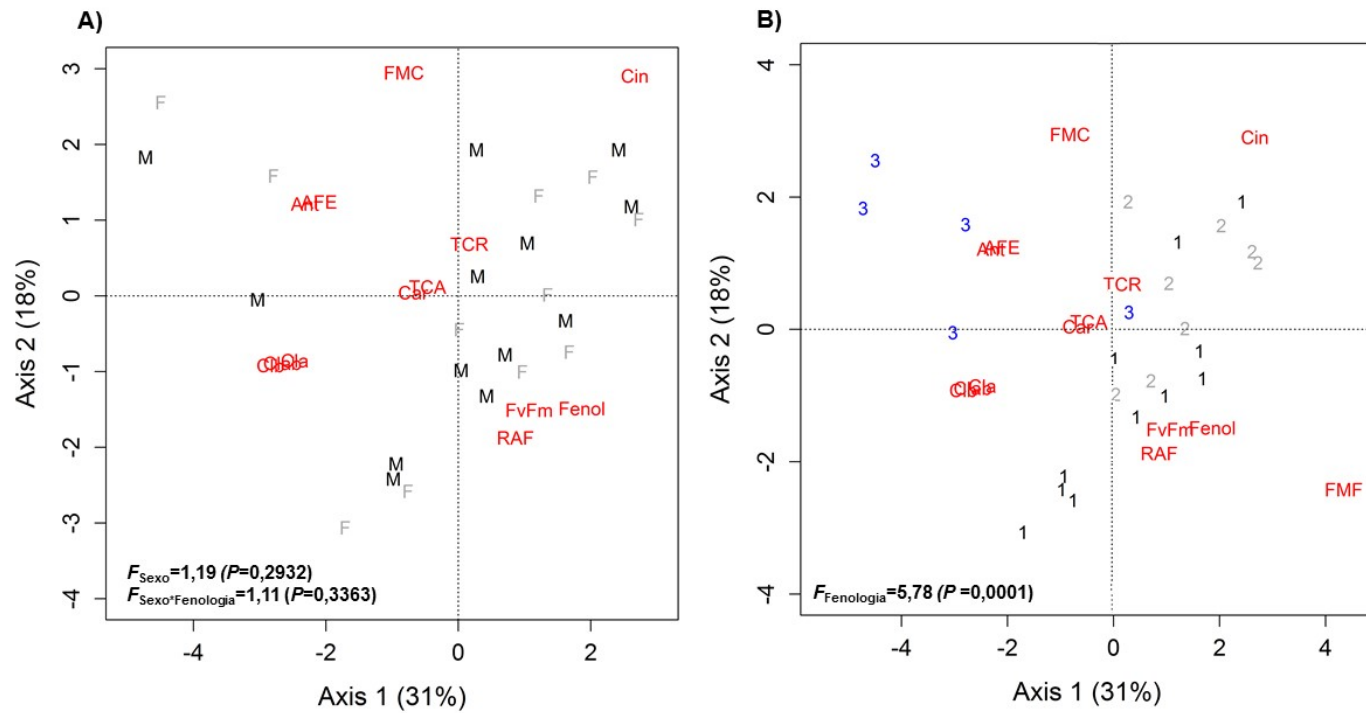
**Figura 5.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Alegre, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois

solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

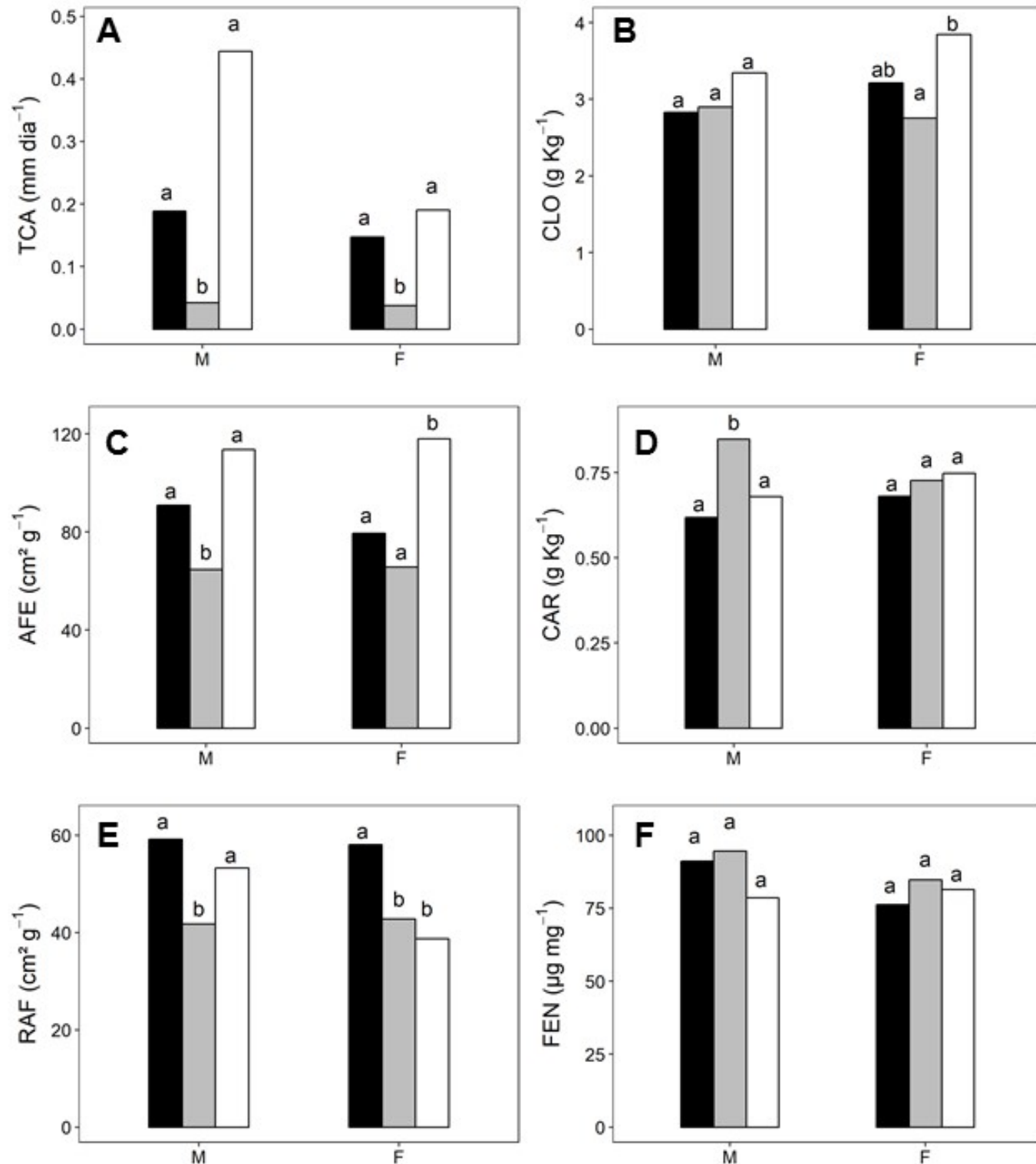
### 3.3.2 População ‘Dores do Rio Preto’

A interação entre os sexos e as fase fenológicas não foi significativa ( $P_{\text{sexo}*\text{fenologia}}=0,3363$ ), também não foi observado dimorfismo sexual entre os indivíduos ( $P_{\text{sexo}}=0,2932$ ) (Fig. 6A). Porém, independentemente do sexo, os indivíduos apresentaram alterações significativas entre as fases fenológicas ( $P_{\text{fenologia}}=0,0001$ )(Fig. 6B).

As diferenças entre a fase de crescimento vegetativo e reprodutivo foram evidenciadas pela segunda coordenada principal. Durante a fase de crescimento vegetativo, independentemente do sexo, as plantas apresentaram maior RAF, FMF e  $F_v/F_m$ (Fig. 6B). Os maiores índices de dispersão e, portanto, maiores variações entre os indivíduos foram expressas durante as fases de floração e frutificação (Fig. B). A primeira coordenada principal expressa as diferenças entre a fase de floração e frutificação. Durante a floração, as folhas apresentaram maiores conteúdo de CIN (Fig 6B). Durante a frutificação, as plantas apresentaram maior TCA (Fig. 7A) e houve a formação de folhas com maior AFE (Fig. 7C).



**Figura 6.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Dores do Rio Preto, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.



**Figura 7.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Dores do Rio Preto, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área

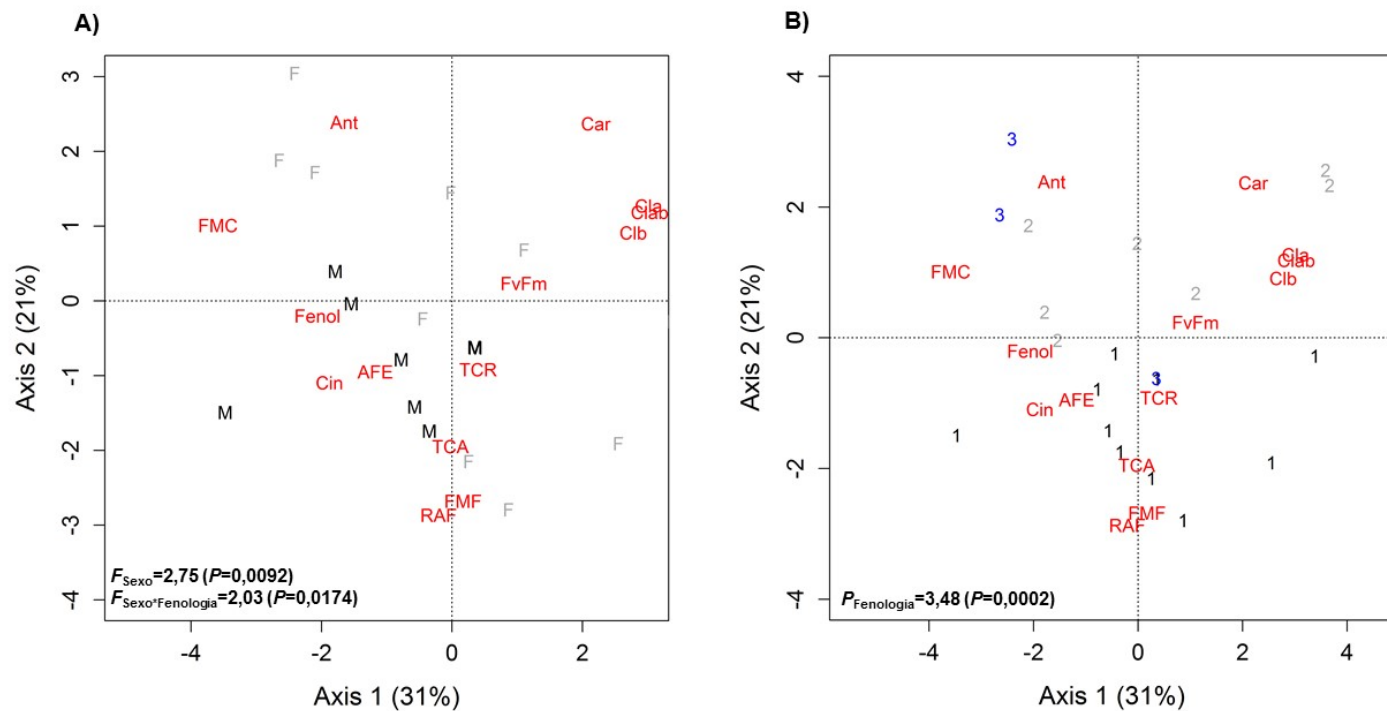
foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ )

### 3.3.3 População 'Castelo'

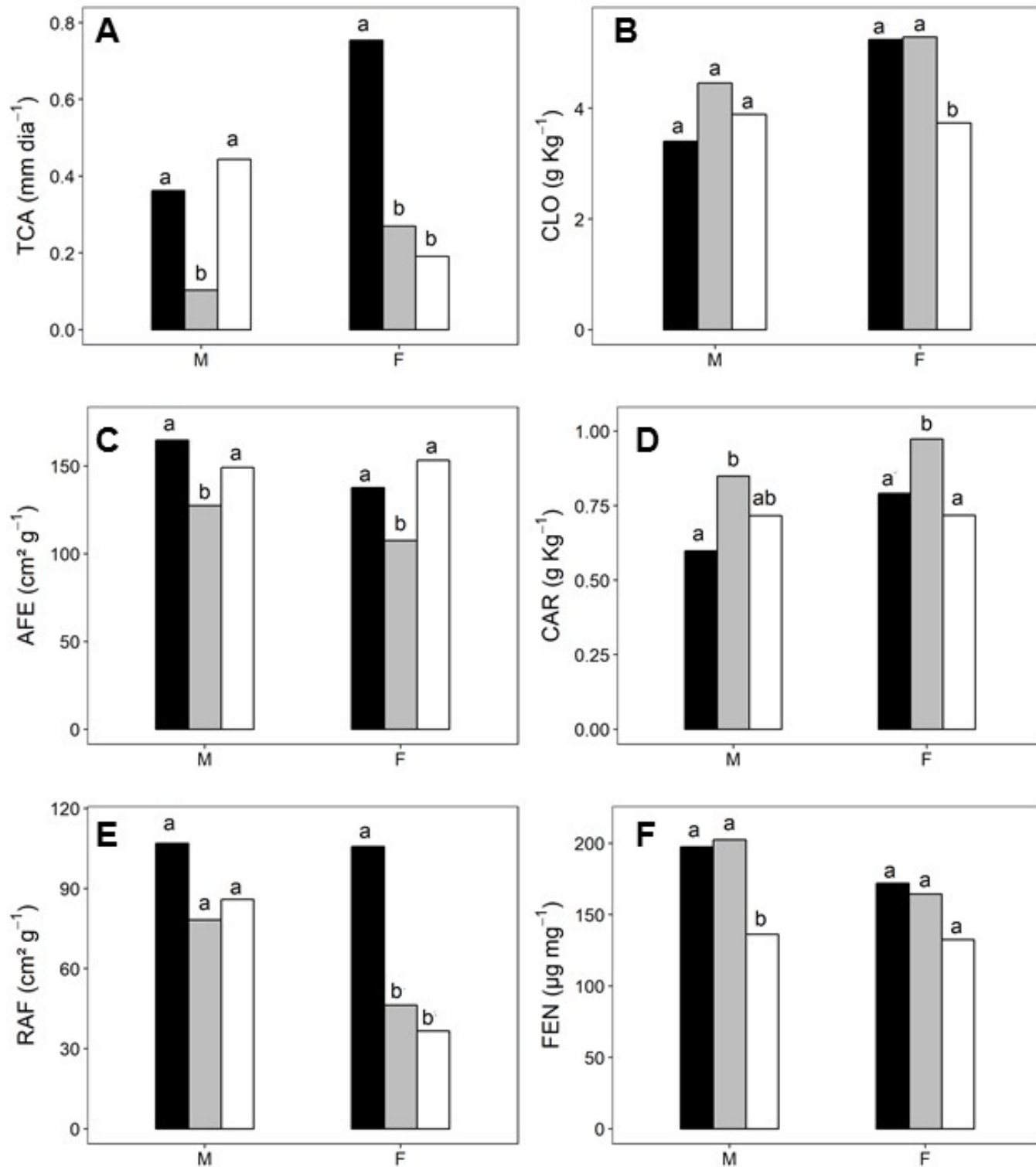
A diferença no desempenho de indivíduos masculinos e femininos é significativa e dependente da fase fenológica ( $P_{\text{sexo} \times \text{fenologia}} = 0,0174$ ). O dimorfismo sexual é expresso principalmente pela segunda coordenada principal. O desempenho de indivíduos masculinos foi associado aos maiores valores de TCA e RAF, enquanto o de femininos estão relacionados ao aumento de ANT, CLO e CAR. (Fig. 8A).

As diferenças entre as fases fenológicas são expressas pela primeira coordenada principal. Como há maior dispersão entre os dados durante as fases reprodutivas, maiores divergências entre indivíduos masculinos e femininos são expressas durante estas fases. A fase de crescimento vegetativo está relacionada com maiores valores de TCA, TCR e RAF. As fases de floração e frutificação apresentaram maiores valores de  $F_v/F_m$ , CLO, CAR, ANT e FMC (Fig 8B).

As plantas masculinas apresentaram os menores valores de TCA e AFE durante a fase de floração e manteve os valores de RAF, CLO e CAR durante todo o ciclo (Fig 9A, C e E). Plantas femininas apresentaram decréscimo na TCA, AFE e RAF durante as fases de desenvolvimento reprodutivo (Fig 9A, C e E). Além disso, apresentaram incremento no conteúdo CAR durante a fase de floração e diminuiu a concentração de CLO durante a fase de frutificação (Fig 9B, D). O conteúdo de FEN, apenas em indivíduos masculinos, foi inferior durante a fase de frutificação (Fig 9F).



**Figura 8.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Castelo, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA



**Figura 9.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Castelo, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenóis solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

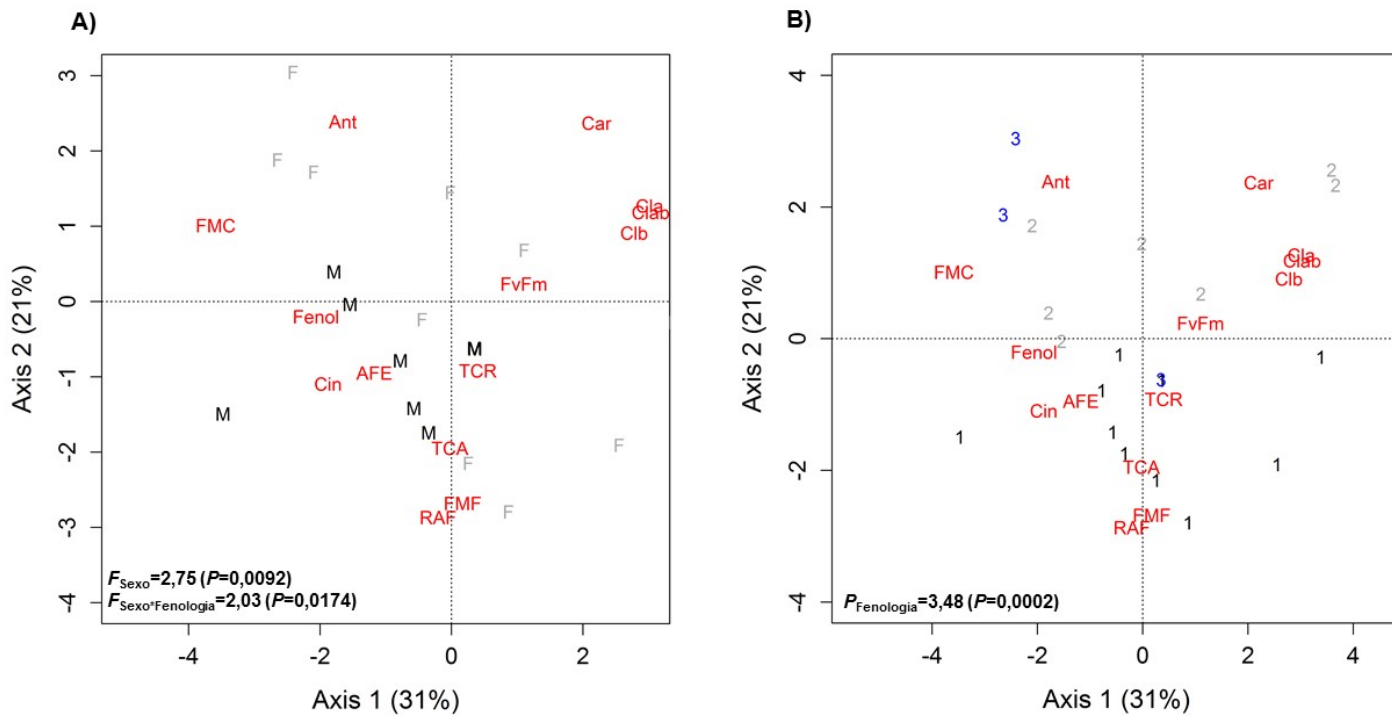


### 3.3.4 População 'lúna'

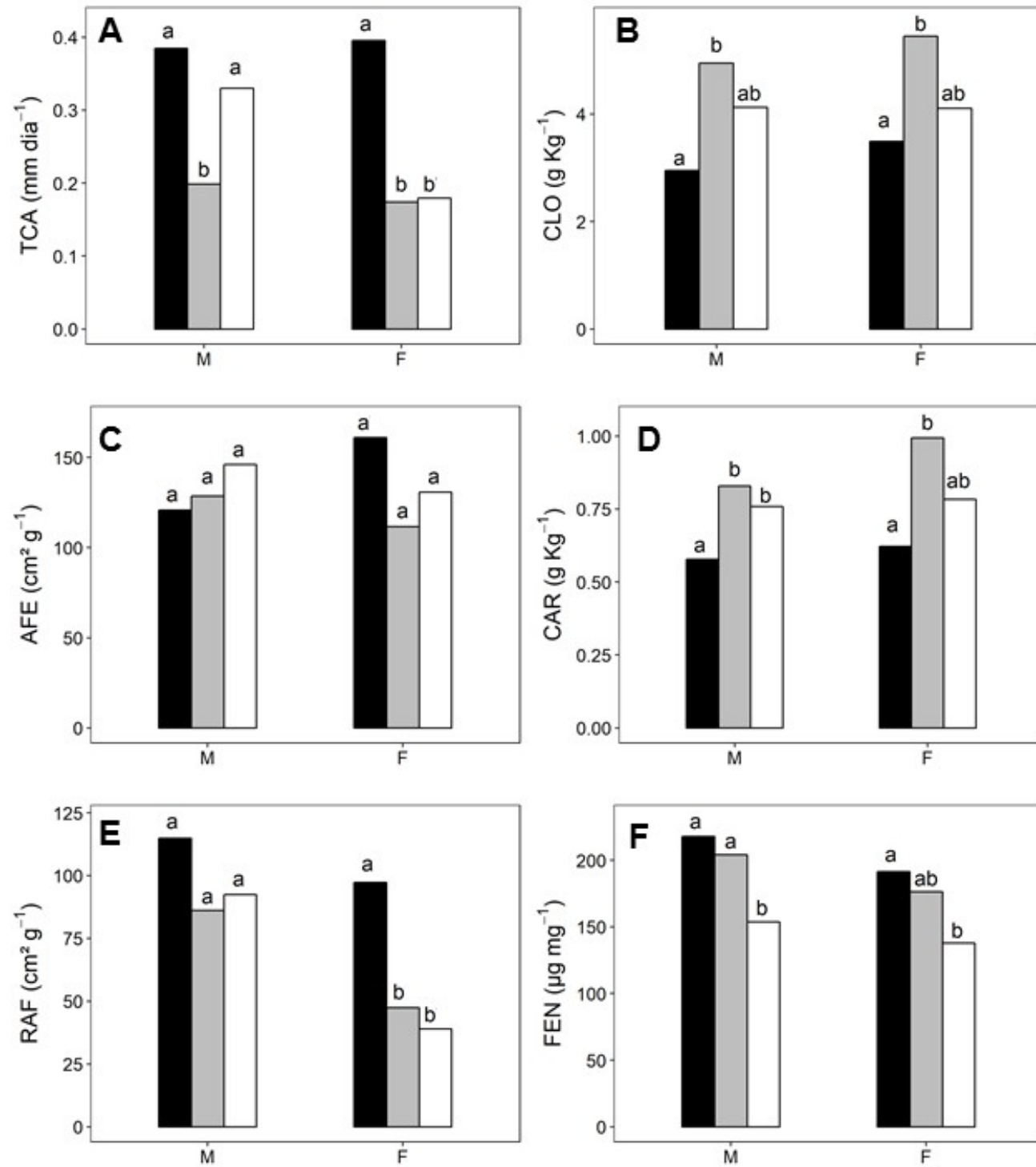
Não houve interação entre os fatores sexo e fase fenológica ( $P_{\text{sexo*fenologia}}=0,9020$ ). Porém, o efeito foi significativo para os fatores atuando isoladamente ( $P_{\text{sexo}}=0,0497$  e  $P_{\text{fenologia}}=0,0001$ ). Houve dimorfismo sexual nos indivíduos, independentemente da fase fenológica. Assim como indivíduos diferenciaram-se entre as fases fenológicas, independentemente do sexo. O dimorfismo sexual pode ser expresso pela segunda coordenada principal. O desempenho de indivíduos masculinos está relacionado ao maiores valores de TCA e RAF, enquanto o de femininos está associado ao incremento de CLO e CAR (Fig 10A).

A primeira coordenada principal expressa as diferenças entre as fases fenológicas. Como há maior dispersão entre os dados durante as fases reprodutivas, maiores divergências entre indivíduos são expressas durante estas fases. Durante a fase de CV, o desempenho dos indivíduos se relacionou aos maiores valores de TCA, FEN e FMF, enquanto as fases de crescimento reprodutivos se relacionaram a maiores valores de CLO, CAR e CIN (Fig. 10B).

Indivíduos masculinos e femininos apresentaram decréscimo de TCA durante a fase de floração. Porém, em indivíduos femininos, este decréscimo pode ser observado também durante a fase de frutificação (Fig. 11A). O indivíduos apresentaram manutenção da AFE durante todo o ciclo, independentemente do sexo (Fig 11C). Apenas indivíduos femininos apresentaram decréscimo da RAF durante as duas fases de desenvolvimento reprodutivo (Fig 11D). Independentemente do sexo, as plantas incrementaram o conteúdo de CLO e CAR durante as fases de floração e frutificação (Fig. 11B, D) e diminuíram o conteúdo de FEN durante a frutificação (Fig 11F).



**Figura 10.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Iúna, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.



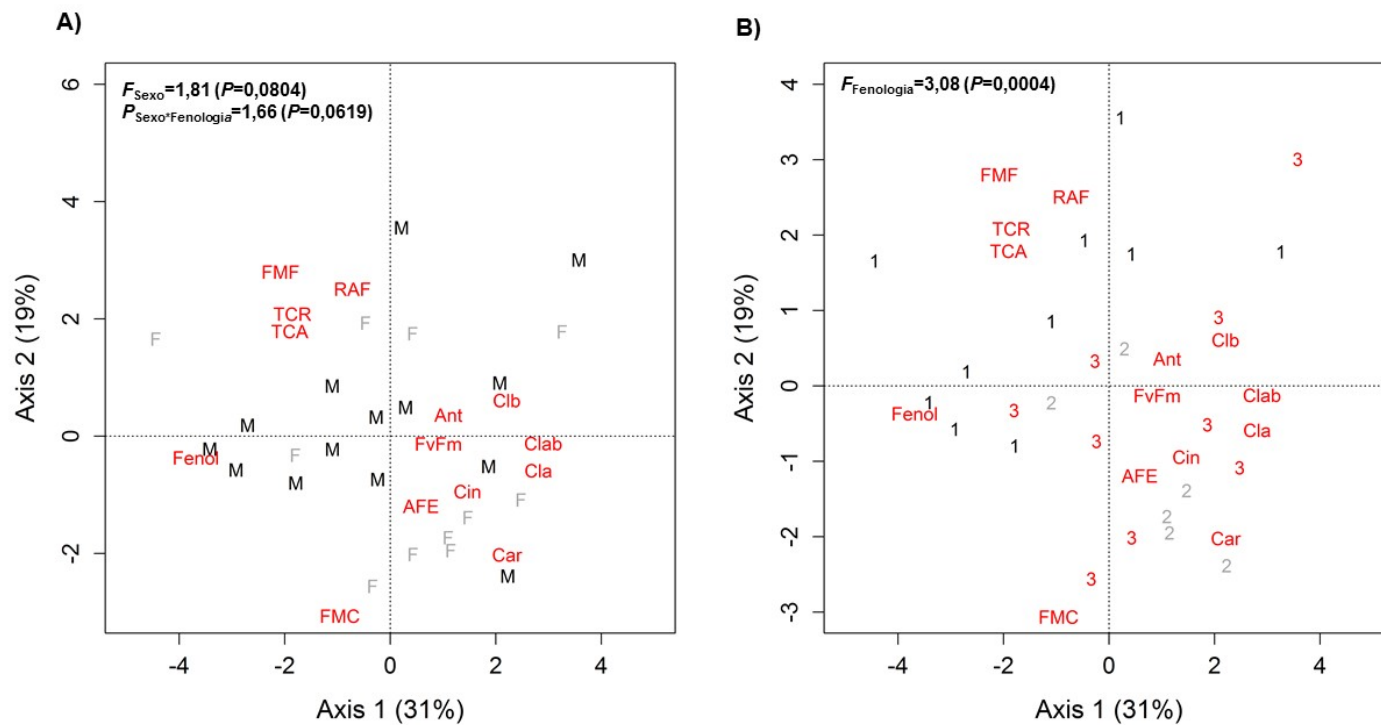
**Figura 11.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Iúna, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

### 3.3.5 População 'Mimoso'

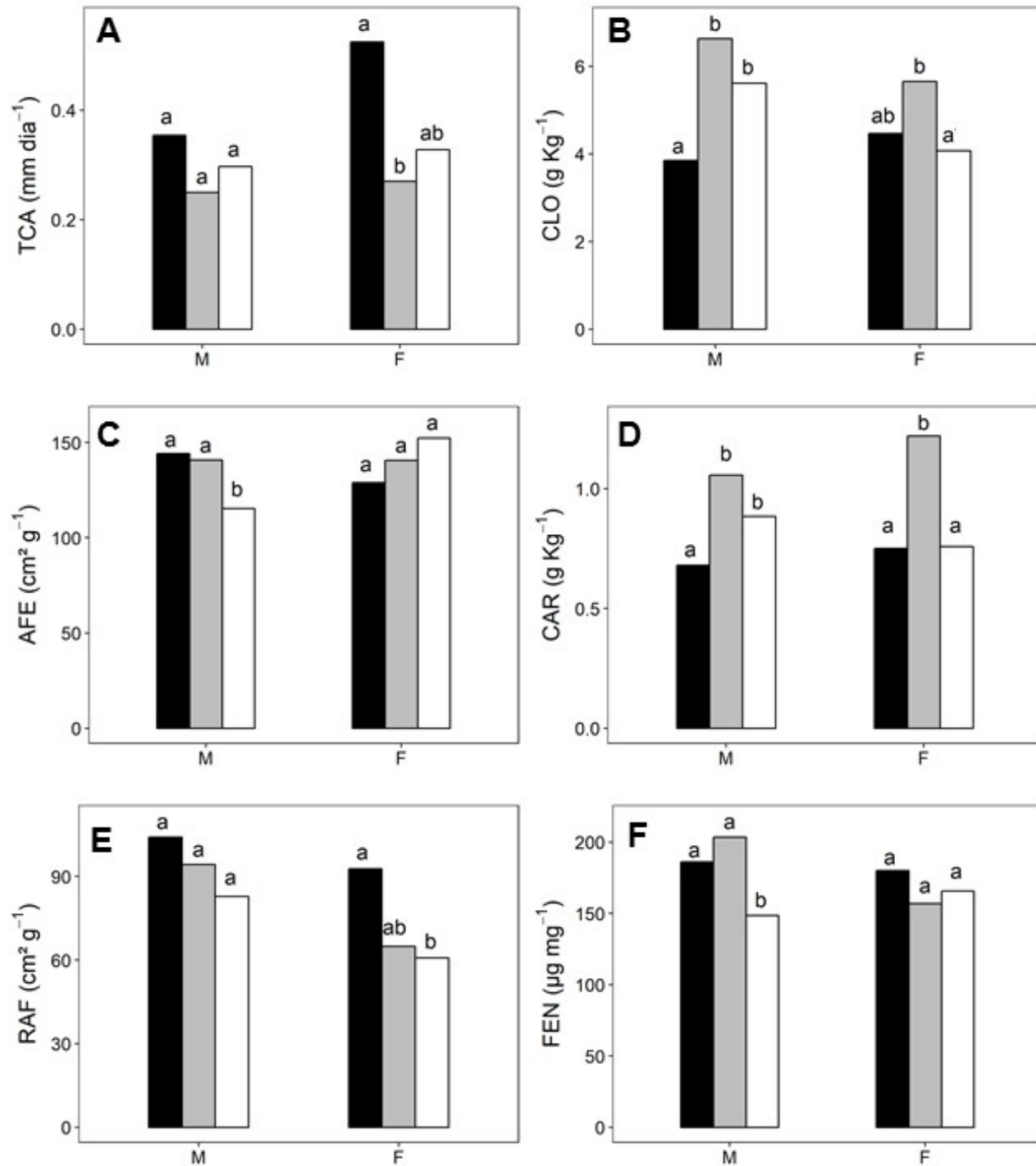
Não foi observado dimorfismo sexual entre os indivíduos ( $P_{\text{sexo}}=0,0804$ ), nem interação significativa entre os sexos e as fase fenológicas ( $P_{\text{sexo*fenologia}}=0,0619$ ). As diferenças no desempenho dos indivíduos foram significativas apenas entre as fases fonológicas ( $P_{\text{fenologia}}=0,0004$ ).

A primeira coordenada principal expressa as diferenças entre as fases fenológicas. As maiores dispersões e, portanto, maiores variações entre os indivíduos são expressas durante as fases de floração e frutificação. O desempenho dos indivíduos durante a fase de crescimento vegetativo esteve associada aos maiores valores de FMF, RAF, TCR, TCA e FEN, enquanto nas fases reprodutivas se associou aos maiores valores de FMC, CAR, CLO, AFE, CIN,  $F_v/F_m$  e ANT (Fig 12B).

Indivíduos femininos apresentaram decréscimo de TCA e RAF durante as fases de floração e frutificação e mantiveram a AFE e FEN durante todo o ciclo (Fig. 13A, C, E, F). CLO e CAR nestes indivíduos apresentaram os maiores valores durante a fase de floração (Fig. 13B, D). Plantas masculinas apresentaram manutenção da TCA e RAF durante todo o ciclo, apresentaram decréscimo da AFE e FEN durante a fase de frutificação e incremento de CLO e CAR durante as fases de desenvolvimento reprodutivo (Fig. 13A, B, C, D, E, F).



**Figura 12.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Mimoso do Sul, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.



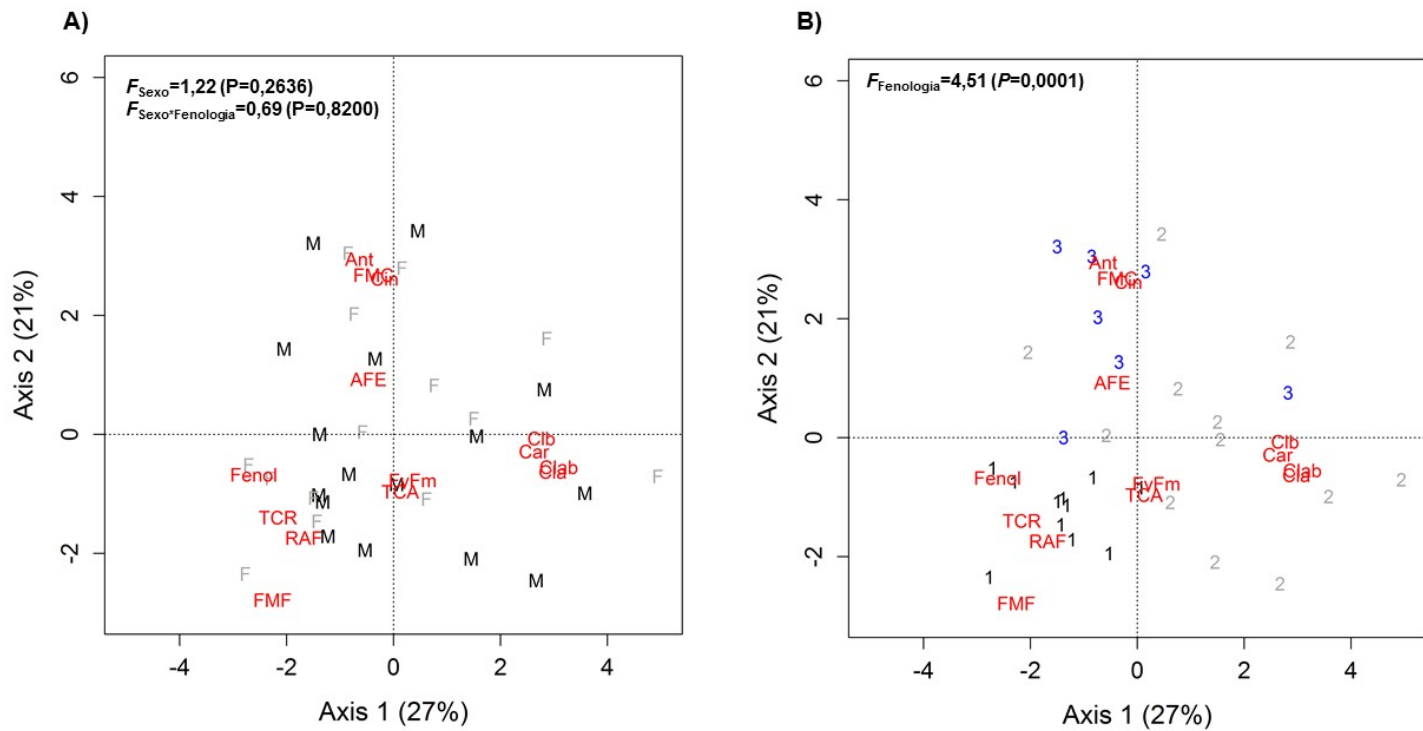
**Figura 13.**Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Mimoso do Sul, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

### 3.3.6 População ‘Muqui’

Houve diferença significativa no desempenho dos indivíduos apenas entre as fases fenológicas. ( $P_{\text{fenologia}}=0,0001$ ). As demais interações não foram significativas ( $P_{\text{sexo}}=0,2636$  e  $P_{\text{sexo*fenologia}}=0,8200$ ). Os indivíduos diferem entre si ao longo do ciclo fenológico, independentemente do sexo(Fig 14A).

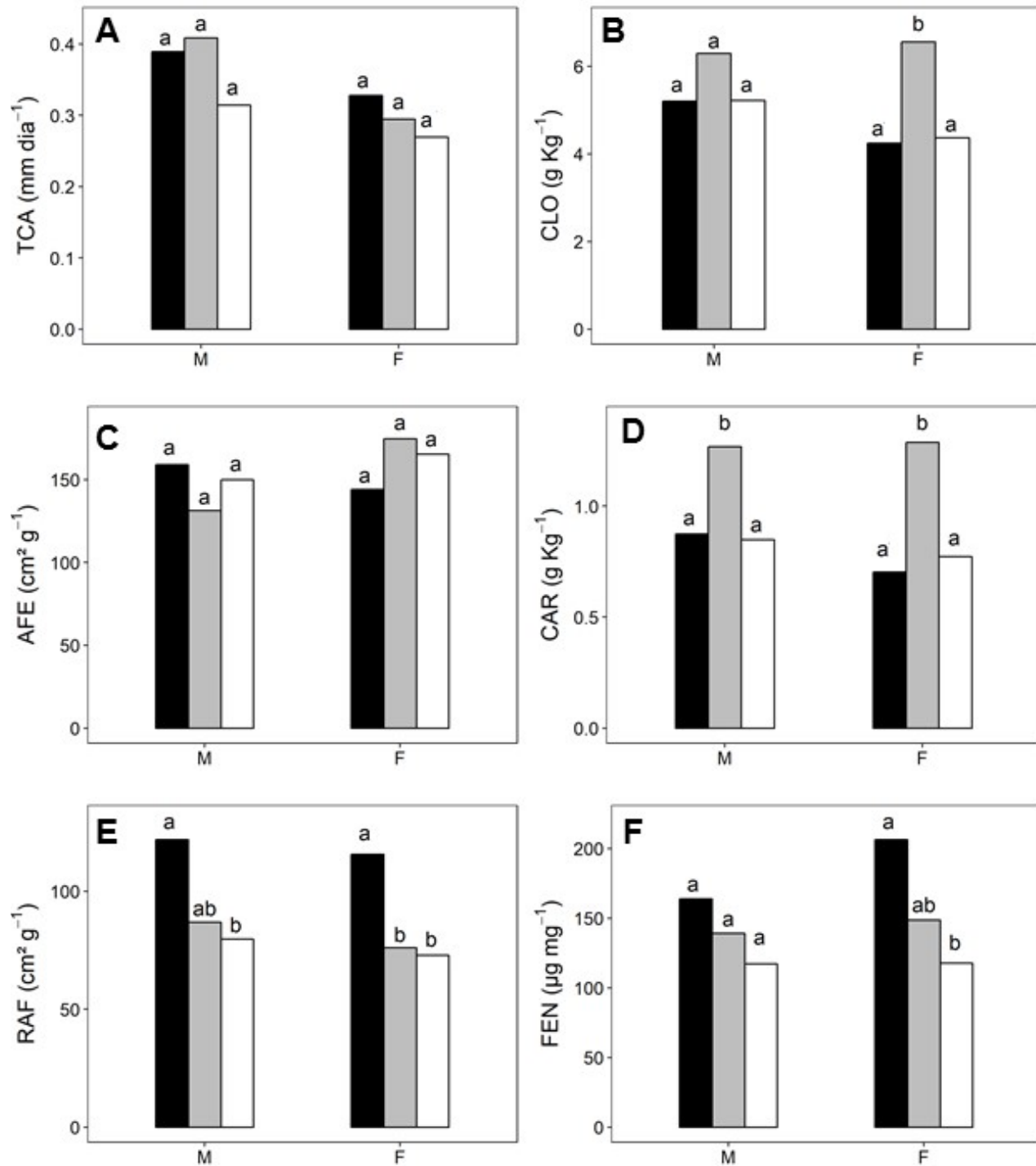
As variações entre as fases fenológicas são expressas principalmente ao longo da segunda coordenada principal (Fig 14B). As maiores dispersões e, portanto, maiores variações entre os indivíduos são expressas durante as fases de floração e frutificação. O desempenho das plantas durante a fase de crescimento vegetativo estão associadas aos maiores valores de FMF, TCR, RAF e FEN, enquanto que nas fases reprodutivas o desempenho se associou aos maiores valores de CLO, CAR, ANT, FMC, TCA e AFE.

Independentemente do sexo, as plantas apresentaram manutenção da TCA e AFE durante todo o ciclo, descréscimo de RAF durante as fases de floração e frutificação e incremento de CLO e CAR durante a fase de floração (Fig. 15A, B, C, D, E). Apenas em indivíduos femininos, durante a fase de frutificação, foi evidenciado a diminuição do conteúdo de FEN nas folhas (Fig.15F).



**Figura 14.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Muqui, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.





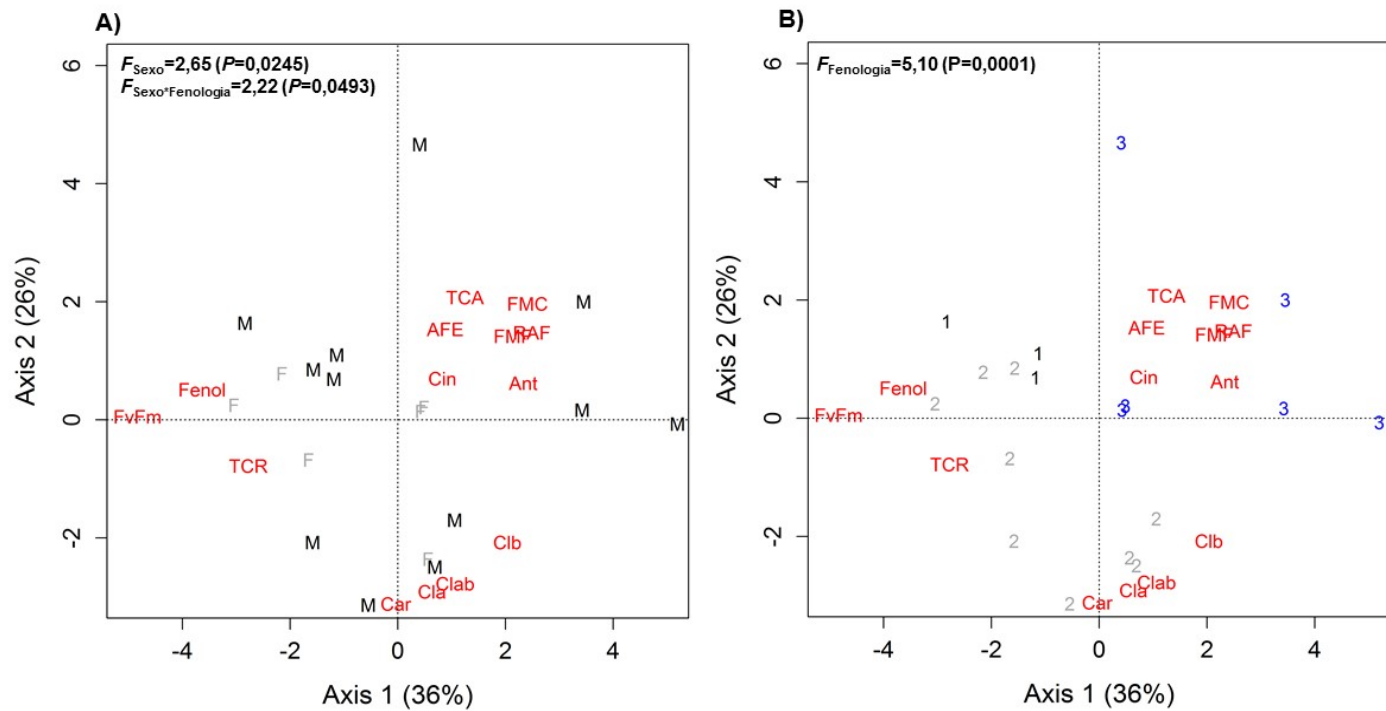
**Figura 15.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Muqui, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

### 3.3.7 População 'Pedra Azul'

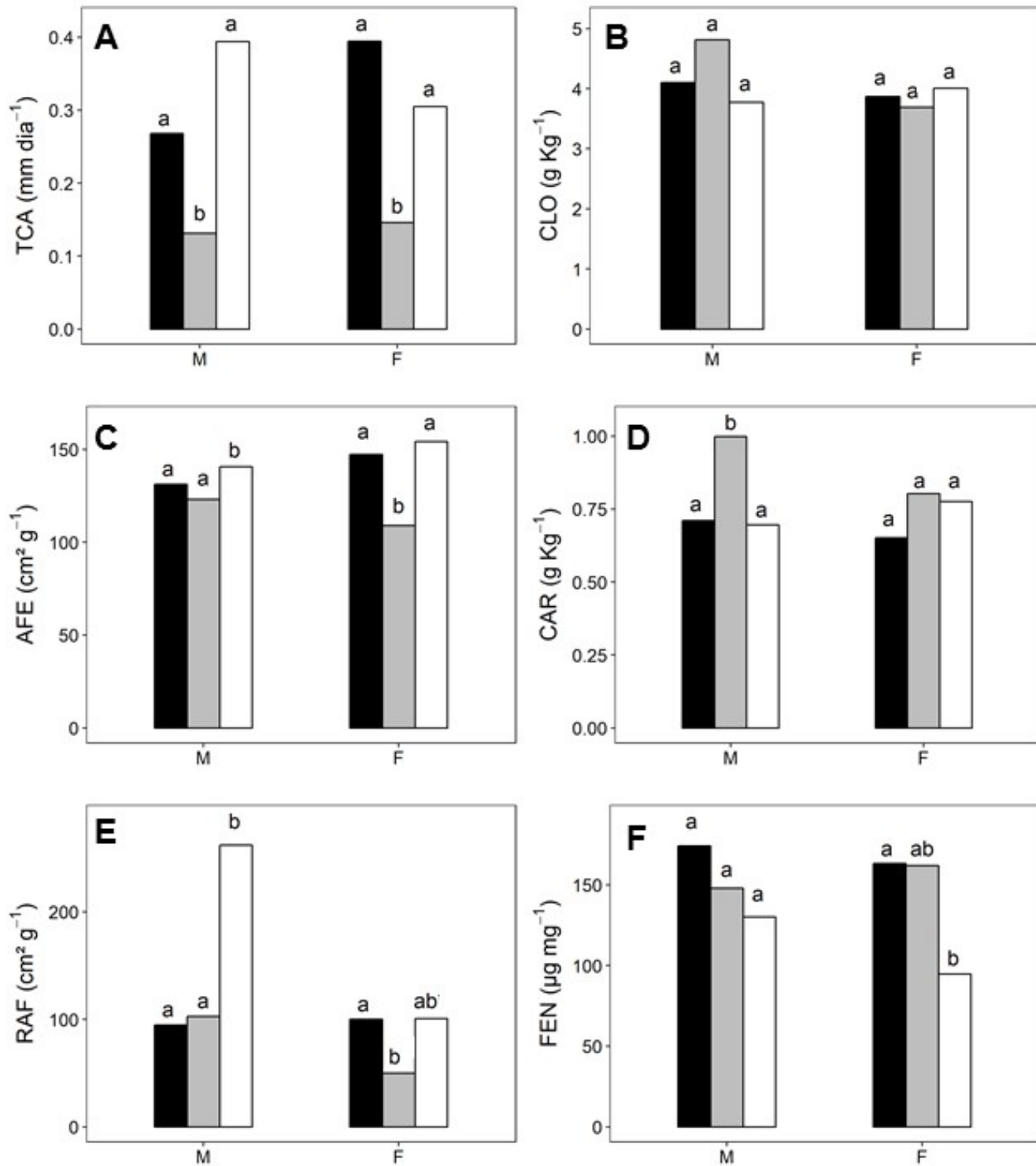
Houve diferença significativa no desempenho entre indivíduos masculinos e femininos e entre as fases fenológicas ( $P_{\text{sexo}}=0,0245$  e  $P_{\text{fenologia}}=0,0001$ ). Da mesma forma, foi significativa a interação entre estes dois fatores ( $P_{\text{sexo*fenologia}}=0,0493$ ). Indivíduos femininos diferem entre si, principalmente considerando o desempenho entre as fases fenológicas. O dimorfismo sexual pode ser expresso principalmente ao longo da segunda coordenada principal. O desempenho de indivíduos masculinos está associado aos maiores valores de RAF, CLO, CAR e FEN, enquanto os femininos estão associados ao incremento de  $F_v/F_m$  e TCR (Fig 16A).

A primeira coordenada principal expressa principalmente as diferenças entre as fases fenológicas. Durante a fase de crescimento vegetativo, o desempenho esteve associado aos maiores valores de FEN, enquanto que nas fases reprodutivas o desempenho pode ser explicado pelos maiores valores de  $F_v/F_m$ , TCR, TCA, CIN, AFE, ANT, CLO e CAR (Fig. 16B).

Plantas masculinas apresentaram decréscimo da TCA durante a fase de floração e incremento de AFE e RAF durante a fase de frutificação (Fig 17A, C, E). Além disso, houve o incremento do conteúdo de CAR durante a fase de frutificação (Fig 17D). Indivíduos femininos apresentaram decréscimo de TCA, AFE e RAF durante a fase de frutificação e de FEN durante a fase de frutificação (Fig. 17A, C, E, F).



**Figura 16.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Domingos Martins, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.



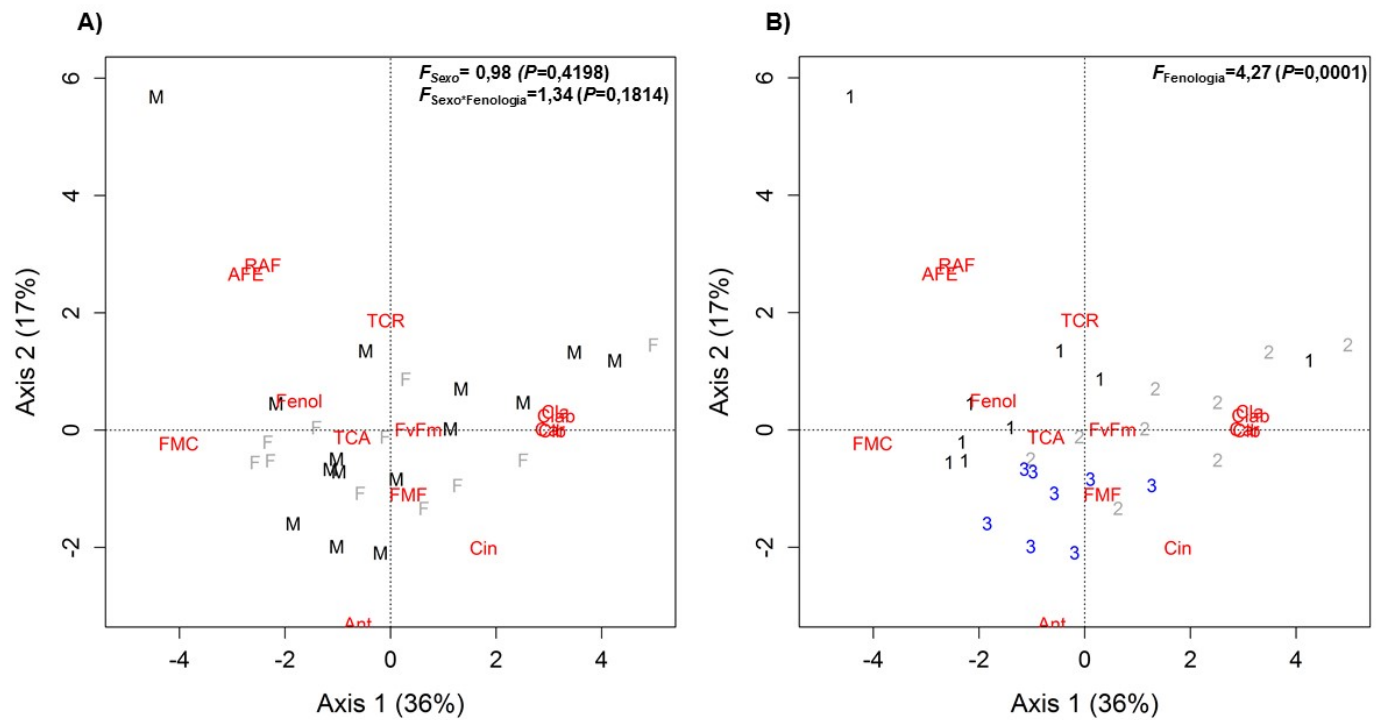
**Figura 17.**Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Domingos Martins, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

### 3.3.8 População 'Vargem Alta'

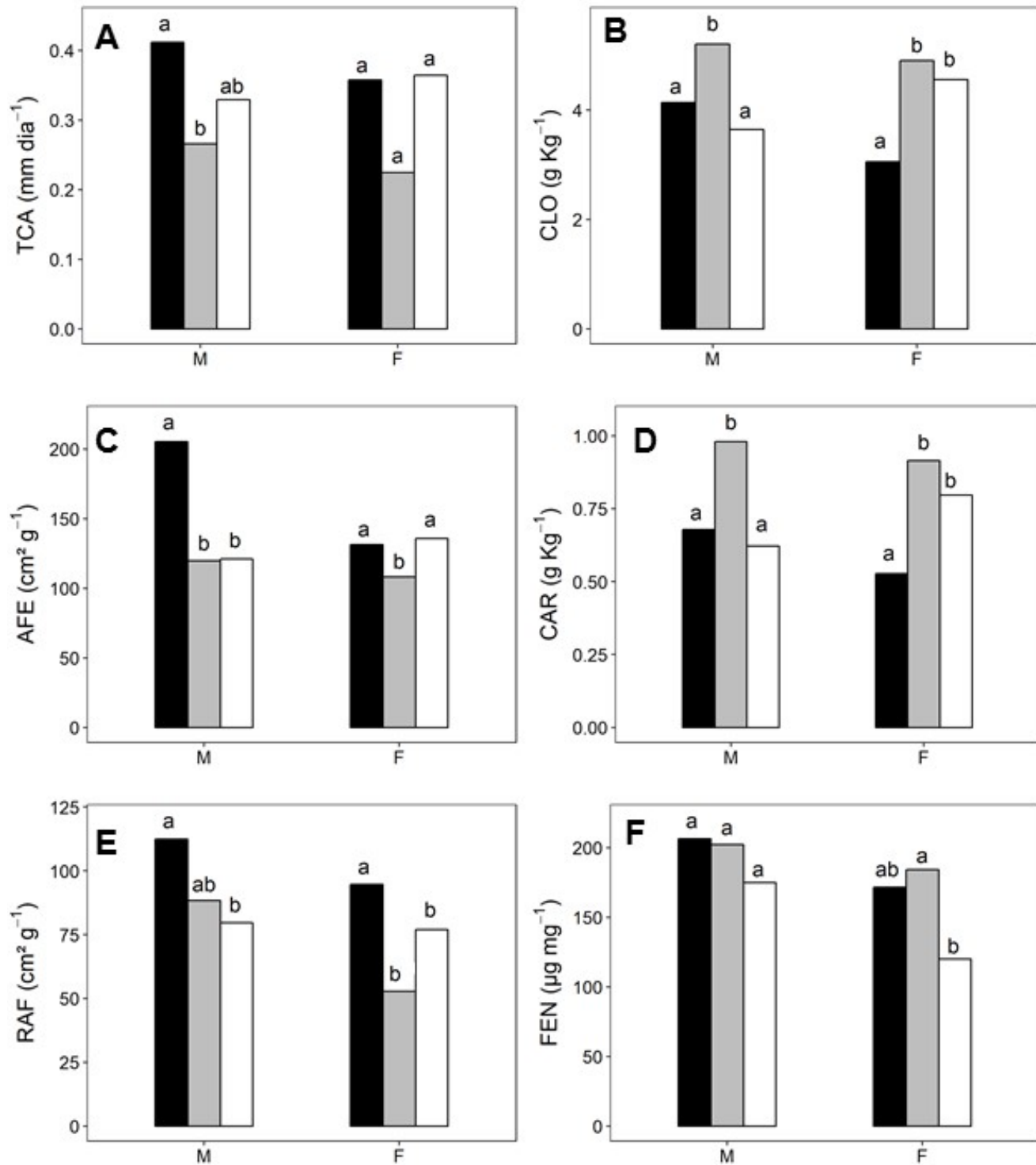
Não houve dimorfismo sexual no desempenho dos indivíduos ( $P_{\text{sexo}}=0,4198$ ), assim como a interação entre sexo e fases fenológicas não foi significativa ( $P_{\text{sexo*fenologia}}=0,1814$ ) (Fig. 18A).

As diferenças no desempenho das plantas foi significativo apenas entre as fases fenológicas. ( $P_{\text{fenologia}}=0,0001$ ). As diferenças entre as fases fenológicas foram expressas principalmente pela segunda coordenada principal. As maiores variações entre os indivíduos são expressas durante as fases de floração e frutificação. Durante a fase de crescimento vegetativo, o desempenho pode ser associado aos maiores valores de RAF, AFE, TCR e FEN, enquanto que nos femininos o desempenho se associou aos maiores valores de  $F_v/F_m$ , FMF, NT, CIN, CLO e CAR (Fig. 18B).

Independentemente do sexo, os indivíduos apresentaram decréscimo de TCA, AFE e RAF durante as fases de desenvolvimento reprodutivo (Fig. 19A, C, E). Além disso, houve incremento do conteúdo de CLO, CAR durante a fase de frutificação (Fig. 19B, D). Nesta mesma fase, indivíduos femininos apresentaram um decréscimo do conteúdo de FEN nas folhas (Fig. 19F).



**Figura 18.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Vargem Alta, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.



**Figura 19.**Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Vargem Alta, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

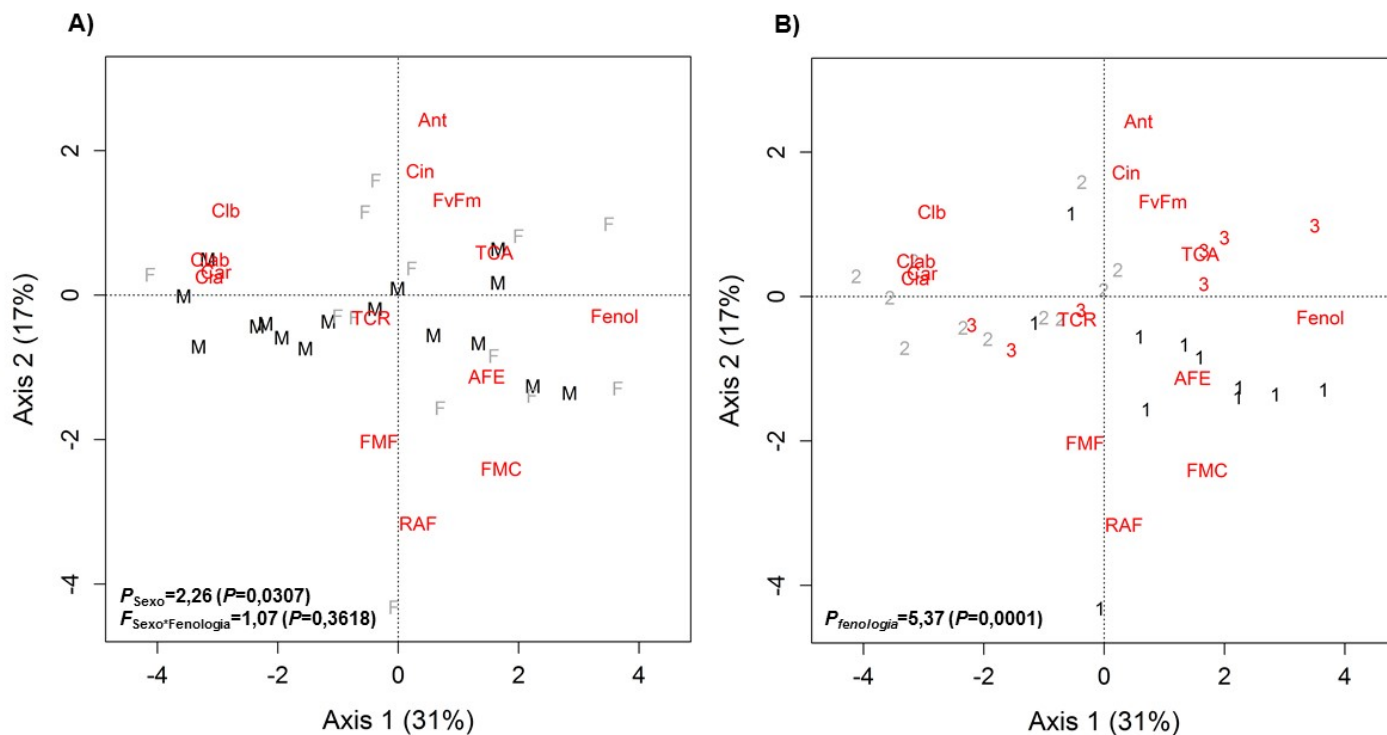
### 3.3.9 População 'Venda Nova do Imigrante'

Não houve interação significativa entre os sexos e as fases fenológicas ( $P_{\text{sexo*fenologia}} = 0,3618$ ). Porém, o desempenho entre indivíduos masculinos e femininos apresentou diferenças significativas, independentemente da fase fenológica ( $P_{\text{sexo}} = 0,0307$ ). A segunda coordenada principal expressa principalmente as diferenças entre os sexos. O desempenho de indivíduos masculinos está mais associado a maiores TCA, RAF e CLO, enquanto de indivíduos femininos está associado a maiores AFE,  $F_v/F_m$ , CIN e ANT (Fig. 20A).

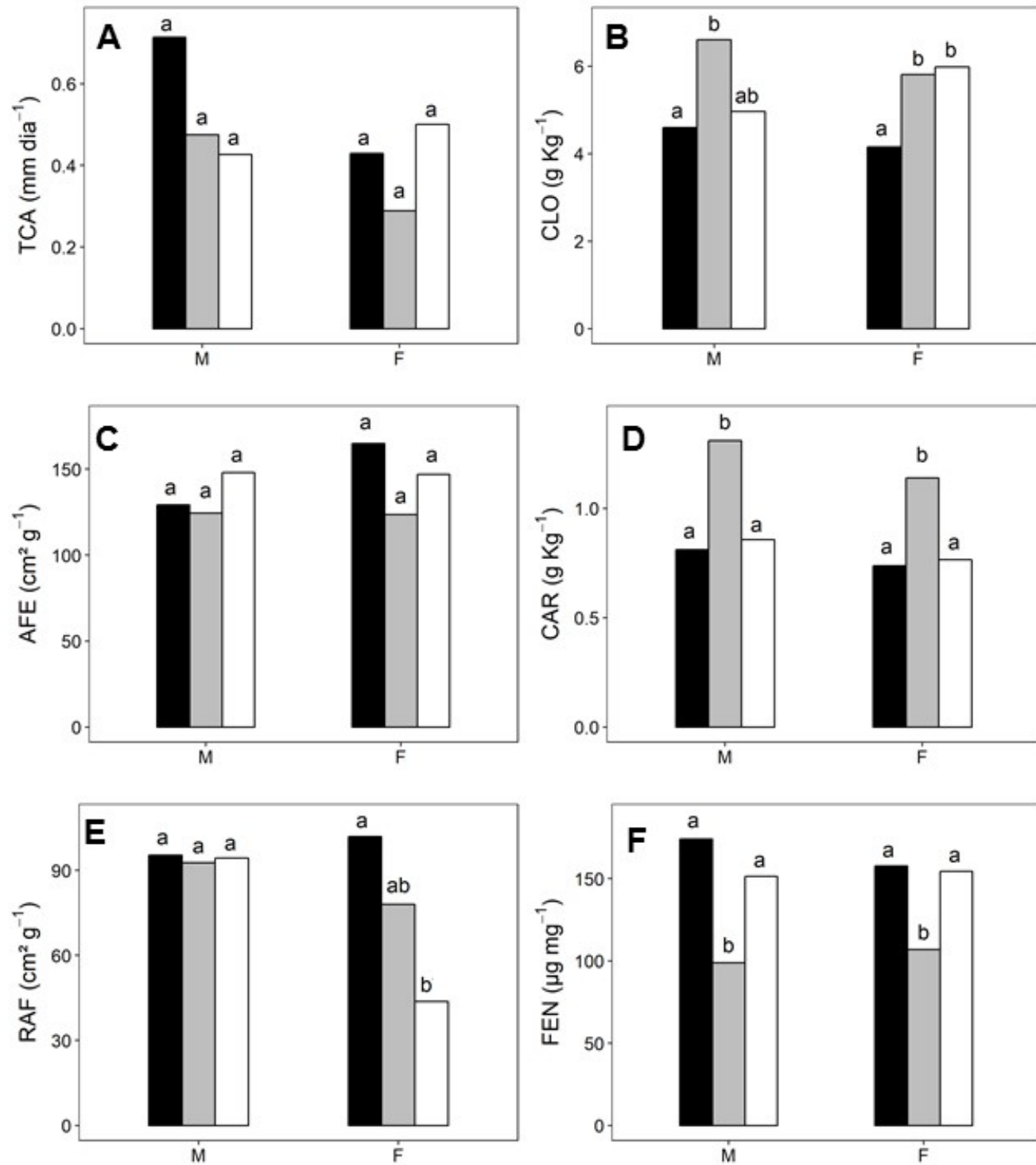
O desempenho durante as fases fenológicas apresentou diferenças significativas independentemente do sexo ( $P_{\text{fenologia}} = 0,0001$ ). As diferenças entre as fases fenológicas foram expressas principalmente ao longo da primeira coordenada principal. As maiores dispersões refletem as maiores variações entre os indivíduos e são expressas durante as fases de floração e frutificação. Durante a fase de crescimento vegetativo, o desempenho esteve associado aos maiores valores de AFE, RAF, FMC e FMF, enquanto que o desempenho dos indivíduos durante as fases de crescimento reprodutivo está associado aos maiores valores de TCR, TCA, ANT, CLO, CAR, CIN e  $F_v/F_m$  (Fig. 20B).

Independentemente do sexo, os indivíduos mantiveram os valores de TCA e AFE durante todo o ciclo fenológico (Fig. 21A, C). Apenas indivíduos femininos apresentaram decréscimo da RAF durante as fases de desenvolvimento reprodutivo (Fig. 21E). Em ambos os sexos, os indivíduos incrementaram o conteúdo de CLO e CAR durante as fases de desenvolvimento reprodutivo, principalmente na fase a floração (Fig. 21B,D). Nesta mesma fase, houve o decréscimo do conteúdo de FEN nas folhas em ambos os sexos (Fig. 21F).





**Figura 20.** Análise de coordenadas principais (PCoA) construídas baseadas em variáveis ecofisiológicas de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Venda Nova, analisada durante um ciclo fenológico completo. (A) Variação entre indivíduos masculinos (M) e femininos (F). (B) Variação entre as três fases fenológicas: Crescimento vegetativo (1), Floração (2) e Frutificação (3). São apresentados os valores do teste F ( $F$ ) e da probabilidade de significância ( $P$ ) obtidos pelo teste da PERMANOVA.



**Figura 21.** Variação de características ecofisiológicas de indivíduos masculinos (M) e femininos (F) de uma população de *Myrsine coriacea* localizada no município de Venda Nova, analisados durante um ciclo fenológico completo. Fases de crescimento vegetativo (barras pretas), floração (barras cinzas) e frutificação (barras brancas). A: TCA (taxa de crescimento absoluto de ramos), B: CLO (clorofila total), C: AFE (área foliar específica), D: CAR (carotenoides), E: RAF (razão de área foliar) e F: FEN (fenois solúveis totais). Dentro de cada sexo, médias seguidas por diferentes letras são estatisticamente diferentes pelo teste não paramétrico de Dunn ( $P \leq 0,05$ ).

#### 4. DISCUSSÃO

Os resultados suportam a hipótese da existência de variação intraespecífica e dimorfismo sexual nas características funcionais entre indivíduos masculinos e femininos de *M. coriacea*. Em indivíduos masculinos, houve o investimento em estratégias relacionadas principalmente com o crescimento. Os indivíduos femininos priorizaram os investimentos em metabólitos secundários, clorofilas e no aumento da eficiência fotossintética. Indivíduos femininos de espécies dioicas lenhosas, normalmente, alocam proporcionalmente mais recursos para a reprodução e defesa e menos para a manutenção de maiores taxas de crescimento (Barrett & Hough, 2012). Destaca-se que as diferentes estratégias ecofisiológicas desenvolvidas por uma determinada planta, competirão pelos mesmos recursos, muitas vezes limitados (Obeso, 2002).

As maiores taxas de crescimento verificadas em indivíduos masculinos foram suportada pela alteração no padrão de alocação de biomassa (aumento da RAF, AFE e FMF). A RAF, produto da multiplicação da AFE e FMF, uma variável que reflete os investimentos da planta em órgãos fotossintéticos, é a principal característica associada com as variações no crescimento vegetal (Lambers et al., 2008). Como consequência das maiores taxas de crescimento nestes indivíduos e, portanto, maior acúmulo de massa seca (principalmente massa foliar), a biomassa apresentou uma menor concentração de clorofilas e compostos fenólicos. Contudo, em indivíduos femininos, onde há alta demanda de fotoassimilados para a formação de frutos, as taxas de crescimento foram limitadas. O fato das plantas necessitarem de uma idade e/ou tamanho mínimo até que ela possa atingir a maturidade sexual, argumenta a favor da existência de um *trade-off* entre o investimento em estratégias relacionadas com o crescimento vegetativo em detrimento do crescimento reprodutivo (Obeso, 2002; Randriamanana et al., 2014).

A manutenção da concentração de pigmentos cloroplastídicos e de compostos fenólicos, verificada em indivíduos femininos, foi associada com a maior eficiência fotossintética e foi suportada pelos maiores valores de  $F_v/F_m$ . Em muitas espécies, o aumento da fotossíntese tem sido associada com o aumento da força dos drenos que ocorre durante a reprodução, juntamente com a maior abertura estomática e, conseqüentemente, com o aumento da transpiração (Geber et al., 1999). Assim, um maior investimento para a formação da maquinaria fotossintética, mesmo que em detrimento do crescimento, é uma estratégia para suportar o aumento da demanda de fotoassimilados para a formação de uma grande quantidade de frutos com sementes com alto vigor germinativo (SHENG, 2010).

Em todas as populações analisadas, mesmo naquelas onde não foi observado dimorfismo sexual no desempenho ecofisiológico dos indivíduos, o efeito das variações em características funcionais, sempre foi dependente das fases fenológicas. As diferenças na diversidade funcional dos indivíduos se expressaram principalmente durante as fases reprodutivas, visto que a produção de frutos e sementes pelas plantas femininas é um processo metabolicamente mais oneroso do que a produção de pólen (Barret & Hough, 2012). Como consequência da maior demanda de recursos, plantas femininas, em relação as masculinas, apresentaram menores taxas de crescimento e foram mais susceptíveis à ambientes estressantes (Bolnick et al., 2003).

Durante o desenvolvimento reprodutivo, quando as estruturas sexuais se encontram totalmente formadas, parte substancial dos nutrientes presentes nas estruturas vegetativas são realocados para as reprodutivas, aumentando a proporção de carbono na razão carbono/nutrientes em órgãos vegetativos, que por sua vez, tem o crescimento comprometido devido à falta de nutrientes (Genard et al. 2008). O excedente de carbono em órgãos vegetativos acaba sendo transferido para a produção de compostos relacionados à defesa vegetal (Gobbo-Neto & Lopes, 2007). Nas populações 'Muqui' e "Pedra Azul" este efeito pode ser observado quando consideramos o aumento significativo

de FEN durante as fases de floração e frutificação. Em plantas, o aumento da concentração de metabolitos secundários na biomassa, estão entre as principais alterações funcionais afetados pela limitação de nutrientes minerais (Randriamanana et al., 2014). Além do mais, a deficiência de Nitrogênio regula positivamente a expressão dos genes envolvidos no metabolismo dos fenilpropanóides, levando à produção de compostos fenólicos (Fritz et al., 2007).

Durante as fases de crescimento reprodutivo, a manutenção de maiores taxas de crescimento (TCA e TCR), verificadas somente em indivíduos masculinos, esteve associada com decréscimos na concentração de clorofilas. Durante a época de floração, há maior demanda de nitrogênio para a produção de pólen nas flores de indivíduos masculinos (Case & Ashman, 2005). O investimento, sendo em sua maior parte nutricional, favoreceu a manutenção do armazenamento de carbono reduzido que poderia ser utilizado para o crescimento. Além disso, a concentração de clorofilas em folhas se relacionam direta e positivamente com teor de nitrogênio, pois cerca de 50 a 75 % do nitrogênio total das folhas são integrantes de pigmentos e enzimas associadas aos cloroplastos (Warren & Adams, 2004). Portanto, a remobilização de clorofilas, presentes em uma grande quantidade de massa foliar, verificada em indivíduos masculinos, é uma estratégia funcional que possibilita a produção de uma grande quantidade de pólen. Por outro lado, quando consideramos indivíduos femininos durante as fases reprodutivas, a maior demanda passa a ser de carbono, que será utilizado para a formação de frutos (Matallana et al., 2005).

Na região onde o estudo foi realizado, durante o início da fase de crescimento reprodutivo, a atividade fisiológica vegetal é negativamente afetada pelo decréscimo de precipitação (disponibilidade hídrica) e temperatura (Velázquez-Rosa et al., 2002). Essas condições, aliadas com a competição por recursos entre o crescimento vegetativo e reprodutivo, explicam os baixos valores das taxas de crescimento (TCA e TCR) verificadas durante as fases reprodutivas. Destaca-se que essa resposta foi potencializada em populações localizadas em altas altitudes como 'Mimoso do Sul' e 'Dores do Rio

Preto'. Portanto, estes resultados podem ser interpretados, não somente como uma estratégia de alocação diferencial de recursos em função da demanda diferencial dos sexos, mas sim como uma resposta aos fatores ambientais limitantes, principalmente com a disponibilidade hídrica e baixas temperaturas. As alterações em características funcionais foliares relacionadas com o uso eficiente da água, que ocorrem em ambientes xéricos de alta altitude, são associadas principalmente com capacidade de regulação da eficiência do transporte de água através de ajustes na estrutura do xilema (Hacke et al., 2000; Smith et al., 2009). Quanto maior a eficiência de transporte do xilema, mais água pode fluir para o dossel e maior a capacidade potencial de absorção líquida de carbono (Hacke, 2006).

Durante a fase reprodutiva, além de limitação no crescimento e alterações nas características associadas com a alocação de biomassa, verificada em populações localizadas em altas altitudes, houve alteração na concentração de carotenoides em folhas. No geral, indivíduos masculinos apresentaram maiores concentrações de carotenoides (xantofilas e carotenos). Estes pigmentos estão associados à tolerância ao estresse térmico, atuando como fotoprotetores da maquinaria fotossintética (Zang et al., 2010). Estudos relatam limitação na capacidade fotossintética de plantas dioicas quando expostas à baixas temperaturas (Kudoh & Sonoike, 2002). Este efeito é associado principalmente com a menor condutância estomática. Porém, plantas de *Populus cathayana*, espécie arbórea dioica, quando expostas à baixas temperaturas, apresentou decréscimo na capacidade fotossintética associada com aumento da concentração de CO<sub>2</sub>. Entretanto, destaca-se que indivíduos masculinos de *P. cathayana*, apresentaram menor limitação na capacidade fotossintética associada com o aumento da concentração de carotenoides (Zang et al., 2010). Portanto, conclui-se que as limitações na capacidade fotossintética são explicadas por limitações estomáticas e não estomáticas. As principais limitações não estomáticas, associadas com decréscimos na capacidade fotossintética, estão relacionadas com danos na maquinaria fotossintética (Zhou et al., 2007).

A população 'Dores do Rio Preto' está localizada em altitude superior a 1700 m, mais elevada altitude entre as populações analisadas e, conseqüentemente, esteve exposta às condições mais estressantes de temperatura (valores negativos durante o inverno), disponibilidade hídrica, radiação e pressão atmosférica (Leuschner, 2000). No geral, os indivíduos desta população, não apresentaram diferenças funcionais significativas entre os sexos. As condições climáticas, características de campos de altitude, evidenciadas nessa população (maior déficit de pressão de vapor e velocidade dos ventos), potencializam a transpiração (Rosado et al., 2015). Entretanto, sob elevadas altitudes, plantas de *M. coriacea* apresentam um controle eficiente da transpiração (menor abertura estomática) e maior eficiência no uso da água (Moreira, 2015). O controle estomático e a eficiência no uso da água podem implicar em alterações nas taxas de crescimento e nos ciclos fenológicos das plantas (Pulido et al. 2014). Assim, acredita-se que as maiores concentrações de cinzas, verificadas nos indivíduos dessa população, são o resultado do acúmulo de minerais em função da baixa produção de biomassa (menor crescimento) e não consequência de elevadas taxas transpiratórias.

As alterações nas características funcionais (manutenção da concentração de clorofilas e carotenoides) em folha de indivíduos femininos, durante a fase de frutificação, podem ser associadas com a aclimação das plantas às condições impostas pelo ambiente. As baixas temperaturas durante o inverno podem levar a um comprometimento do aparelho fotossintético, levando a decréscimo na eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) (Maxwell e Johnson 2000). Como as baixas temperaturas diminuem a capacidade fotossintética, ocorrerá um aumento da energia de excitação nos cloroplastos, e, caso essa energia de excitação não seja dissipada, poderá ocorrer aumento da concentração de espécies reativas de oxigênio e, conseqüentemente, danos a maquinaria fotossintética (Oliveira 2002). Assim, a dissipação energética promovida pelos carotenoides via ciclo das xantofilas, considerada um dos mecanismos mais eficientes de proteção da maquinaria fotossintética, poderá manter a capacidade fotossintética sob condições estressantes (Araujo & Deminiciis, 2009). Durante a fase de frutificação (meses correspondente ao final da primavera e início

do verão), as temperaturas registradas foram mais elevadas. Este fator pode ter contribuído para a manutenção dos valores de  $F_v/F_m$  e, conseqüentemente, maiores taxas fotossintéticas para suprir a demanda para o crescimento (indivíduos masculinos) e enchimento dos frutos (indivíduos femininos).

Estudos apontam que os campos de altitude estarão entre os ecossistemas que serão mais afetados pelo aquecimento global (IPCC, 2013). É esperado que o ar mais quente, e menos denso, se difunda para altitudes maiores (REF). Como consequência, haverá alteração da periodicidade e distribuição de chuvas, gerando recorrentes períodos de seca (Diaz et al., 2003 e 2014, Leuschner, 2000; Rosado et al., 2015). Neste cenário, espécies nativas poderiam sofrer pressões ambientais seletivas que favorecessem a migração para altitudes mais elevadas, onde as condições seriam similares às aquelas anteriores à perturbação climática (Ohmura, 2012; Weltzin et al., 2003). Porém, as espécies localizadas em campos de altitudes não teriam para onde migrar. Apenas as que apresentam estratégias e adaptações às mudanças climáticas conseguirão sobreviver. Assim, estes ecossistemas ocupam uma posição muito vulnerável às mudanças climáticas, principalmente às relacionadas com a diminuição da precipitação e com a maior demanda evaporativa (McCarty, 2001, Hughes, 2000, Beniston, 2003).

Diante de um cenário de mudanças climáticas e seus possíveis efeitos sobre a vegetação, indivíduos masculinos de *M. coriacea*, localizados em campos de altitude, seriam menos impactados devido às estratégias de aclimação verificadas nesse trabalho. Portanto, quando comparados aos femininos, indivíduos masculinos teriam a capacidade de ocupar uma maior amplitude de distribuição espacial e maior variabilidade ambiental. Muitos estudos afirmam que a razão sexual de espécies dioicas é afetada por condições estressantes (Hultine, 2016). Por possuir uma maior capacidade de aclimação, indivíduos masculinos apresentarão menor índice de mortalidade em relação aos femininos (Munné-Bosch, 2015).



Nossos resultados demonstraram que a habilidade de possuir uma combinação de alterações em características funcionais (diversidade funcional), como forma de responder às diferentes demandas de recursos a nível individual, potencializa o desempenho da espécie (Tilman, 2001). A menor competição por recursos, favorece a coexistência dos sexos e maximiza a exploração dos recursos do ambiente, como forma de potencializar o sucesso reprodutivo da espécie. A espécie *M. coriacea* quando utilizada como modelo de estudos experimentais em ambientes amplamente heterogêneos, como a Floresta Atlântica, fornece subsídios para o melhor entendimento acerca da capacidade de sobrevivência e sucesso reprodutivo de espécies dioicas nesses locais, que por sua vez estão sujeitos à drásticas alterações climáticas e antrópicas.

## 5. CONCLUSÃO

Há dimorfismo sexual no desempenho ecofisiológicos de indivíduos de *M. coriacea*. As diferenças na diversidade funcional são dependentes das fase fenológicas e foram observadas principalmente durante as fases de floração e frutificação. Estes resultados, porém, dependem das condições ambientais de cada população.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackerly DD, Dudley SA, Sultan SE, Schmitt J, Coleman JS, Linder CR, Sandquist DR et al. (2000) The evolution of plant ecophysiological traits: Recent advances and future directions. *BioScience* 50: 979–995.
- Almeida B, Donagemma GK, Ruiz HA, et al. (2012) Comunicado técnico da embrapa. 11p.
- Anderson MJ (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol* 26:32–46
- Anderson MJ, Ellingsen KE, McArdle BH (2006) Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecol Lett* 9:683–693.
- Araújo SAC & Deminicis BB (2009) Fotoinibição da Fotossíntese. *R. bras. Bioci.*, Vol. 7. n. 4, Porto Alegre, p. 463-472
- Barrett SCH & Hough J (2012) Sexual dimorphism in flowering plants. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 64, n. 1, pp. 67–82.
- Barroso GM, Peixoto AL, Ichaso CLF, Guimarães EF, Costa CG (2002) Sistemática de Angiospermas do Brasil. Vol. 1. 2ª ed. Editora da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 443p.
- Barry RG (2008) Mountain weather and climate. Cambridge University Press, Cambridge
- Beniston M (2003). Climatic Change in Mountain Regions: A Review of Possible Impacts. *Climatic Change*, 59(1), 5-31.
- Bolnick DI et al. (2003) The Ecology of Individuals: Incidence and Implications of Individual Specialization. *The American Naturalist* 161: 1-28.
- Bradshaw AD (1987a) The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. In *Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research*. Edited by W.R. Jordan, M.E. Gilpin, and J.D. Aber. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. p. 53–74

[Brito TT, Pontes Da Silva BF, Pantoja PHB., Ramos HEDos A,Silva, JGFDa,Maia, IF, Thomaz, LB\(2015\) Análise climática do trimestre outubro a dezembro de 2015.](#) Boletim Climatológico Trimestral do Espírito Santo Vol. 1, n. 4, p. 4-24.

[Brito TT, Pontes Da Silva BF, Pantoja PHB., Ramos HEDos A,Silva, JGFDa,Maia, IF, Thomaz, LB \(2016a\) Análise climática do trimestre janeiro a março de 2016.](#) Boletim Climatológico Trimestral do Espírito Santo, Vitória Vol. 2, n. 5, p. 5-26.

[Brito TT, Pontes Da Silva BF, Pantoja PHB., Ramos HEDos A,Silva, JGFDa,Maia, IF, Thomaz, LB \(2016b\) Análise climática do trimestre abril a junho de 2016.](#) Boletim Climatológico Trimestral do Espírito Santo, Vitória Vol. 2, n. 6, p. 4-28, 2016.

[Brito TT, Pontes Da Silva BF, Pantoja PHB., Ramos HEDos A,Silva, JGFDa,Maia, IF, Thomaz, LB \(2016c\) Análise climática do trimestre julho a setembro de 2016.](#) Boletim Climatológico Trimestral do Espírito Santo, Vitória Vol. 2, n. 7, p. 4-28.

[Brito TT, Pontes Da Silva BF, Pantoja PHB., Ramos HEDos A,Silva, JGFDa,Maia, IF, Thomaz, LB \(2016d\) Análise Climática do Trimestre Outubro a Dezembro de 2016.](#) Boletim Climatológico Trimestral do Espírito Santo, Vitória Vol. 2, n. 8, p. 4-30.

Cabrera-Bosquet L, Sanchez C, Araus JL (2009) How yield relates to ash content, D13C and D18O in maize grown under different water regimes. *Annals of Botany* 104: 1207–1216.

Case AL, Ashman T (2005) Sex-specific Physiology and its Implications for the Cost of Reproduction. In: REEKIE, Edward G.; BAZZAZ, Fakhri A.. *Reproductive Allocation in Plants: Physiological Ecology: A series of monographs, texts and treatises*. S.i.: Academic Press. Cap. 5, p. 264.

Cianciaruso MV, Silva IA, Batalha MA. (2009) Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica*, Campinas, Vol. 9, n. 3, p. 1-11.

Clark DA et al. (2002) Measuring net primary production in forest, concepts and field methods. *Ecological Applications*, Washington, DC, Vol.11, n. 2 p. 356-370.

Dawson TE & Ehleringer JR (1993a) Gender-specific physiology, carbon isotope discrimination, and habitat distribution in boxelder, *Acer negundo*. *Ecology* 74: 798-815.

Delph LF (1999). Sexual dimorphism in life history. In: Geber MA DawsonTEDelph LF, eds. *Gender and sexualdimorphism in flowering plants*. Berlin: Springer-Verlag149–174

Diaz HF, Grosjean M et al. (2003). "Climate Variability and Change in High Elevation Regions: Past, Present and Future." *Climatic Change* 59: 1-4.

Diaz HF,Bradley RS, Ning L (2014). Climatic changes in mountain regions of the American Cordillera and the Tropics: Historical changes and future outlook Arctic, Antarctic, and Alpine Research. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 46 (4), 1-9.

- Dias V, Fisch G, Fisch STV. (2016) Simulações de clima futuro no domínio da mata atlântica: transecto Ubatuba, SP e Extrema, MG, Brasil.
- Dinno A (2017). dunn.test: Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums. R package version 1.3.4.
- Donovan GH, Michael YL, Butry DT, Sullivan AD, Chase JM (2011) Urban trees and the risk of poor birth outcomes. *Health & Place*;17(1):390–3.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. (1997) Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 212p.
- Falker Automação Agrícola Ltda. (2008) Manual do medidor eletrônico de clorofila ClorofiLOG CFL 1030, Porto Alegre 4p.
- Field et al. (2013) Field DJ, Lynner C, Brown C, Darroch SAF. Skeletal correlates for body mass estimation in modern and fossil flying birds. *PLOS ONE*. 2013;8:e82000 doi: 10.1371/journal.pone.0082000.
- Freitas MF & Carrijo TT (2008) A família Myrsinaceae nos contrafortes do maciço da Tijuca e entorno do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, Vol. 59, n. 4, p.813-828.
- FREITAS, M.F. & KINOSHITA, L.S. 2015. Myrsine (Myrsinoideae- Primulaceae) no sudeste e sul do Brasil. *Rodriguésia* 66(1): 167-189.
- FRITZ, D et al. (2007) Germination and growth inhibitory effects of *Hypericum myrianthum* and *H. polyanthemum* extracts on *Lactuca sativa* L. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, v. 17, n. 1, p. 44-48, 2007.
- Geber MA, Dawson TE, Delph LF (1999) Gender and sexual dimorphism in flowering plants. Springer-Verlag, New York, New York, USA.
- Génard M, Fishman S, Vercambre G, Huguet JG, Bussi C, Besset J, Habib R (2001) A biophysical analysis of stem and root diameter variations in woody plants. *Plant Physiol* 126:188–202.
- Gobbo-Neto L, Lopes PN. (2007) Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Quim Nova*;30(2):374-81.
- Hacke UG, Sperry JS, Ewers BE, Ellsworth DS, K, Schafer KVR, Oren R (2000) Influence of soil porosity on water use in *Pinus taeda*. *Oecologia* 124:495–505.
- Hacke UG, Sperry JS, Wheeler JK, Castro L (2006) Scaling angiosperm xylem structure with safety and efficiency. *Tree Physiol*. 26:689–702.
- Heilbutth JC (2000) Lower species richness in dioecious clades. *Am Nat* 156: 221–241.

- Hughes L. (2000). Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?. *Trends in ecology & evolution*, 15(2), 56-61.
- Hultine KR, Bush SE, West AG, Burtch KG, Pataki DE, Ehleringer JR (2008) Gender-specific patterns of aboveground allocation, canopy conductance and water use in a dominant riparian tree species: *Acer negundo*. *Tree Physiology* 28, 1383–1394
- Hultine KR, Grady KC, Wood. TE, Shuster SM, Stella JC, Whithwan TG (2016) Climate change perils for dioecious plant species. *Nature Plants* 2, Article number: 16109.
- IPCC (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Working Group 1 contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Juvany M, Muller M, Pinto-Marijuan M, Munne-Bosch S (2014) Sex-related differences in lipid peroxidation and photoprotection in *Pistacia lentiscus*. *J. Exp Bot.* 65: 1039-1049.
- Keeland, BD, Sharitz, RR (1993) Accuracy of tree growth measurements using dendrometer bands. *Can J. For. Res.* Vol.23:2454-2457.
- Körner C (2007) The use of altitude in ecological research. *Trends Ecol Evol* 22:569–574.
- Kudoh H & Sonoike K (2002) Irreversible damage to photosystem I by chilling in the light: cause of the degradation of chlorophyll after returning to normal growth temperature. *Planta* 215, 541–548.
- Laureto LM, Cianciaruso MV, Samia DSM (2015) Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Nat Con* 2015;13:112-6
- Lavorel S et al. (2007) Plant Functional Types: Are We Getting Any Closer to the Holy Grail? *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*, pp.149-164
- Legendre P, Legendre L (2012) *Numerical Ecology*, Third. Elsevier, Amsterdam, 990p.
- Leuschner DC & Sirocko F. (2000) The low-latitude monsoon climate during Dansgaard–Oeschger cycles and Heinrich events. *Quaternary Science Reviews*, 19(1), 243-254.
- Li CY, Xu Z, Zang RG, Korpelainen H, Berninger F (2007) Sex-related differences in leaf morphological and physiological responses in *Hippophae rhamnoides* along an altitudinal gradient. *Tree Physiol.* 27:399-406.
- Lichtenthaler HK (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. - *Methods in Enzymology*, 148: 350-382.
- Lloyd DG, Webb CJ (1977) Secondary sex characters in seed plants. *Botanical Review*, 43. 177-216.
- Lüttge U, Duarte HM, Scarano FR, Mattos EA de, Cavalin PO, Franco AC, Fernandes GW (2007) Physiological ecology of photosynthesis of five species of Velloziaceae in the rupestrian fields of Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. *Flora* (in press).

- Matallana G, Wendt T, Araujo DSD & Scarano F (2005) High abundance of dioecious plants in a tropical coastal vegetation. *American Journal of Botany* 92:1513-1519.
- Maxwell K & Johnson GN (2000) Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 51, n. 345, pp. 659–668, April.
- McArdle BH, Anderson MJ (2001) Fitting Multivariate Models to Community Data: A Comment on Distance-Based Redundancy Analysis. *Ecology* 82:290–297.
- McCarty JP (2001) Ecological consequences of recent climate change. *Conservation biology*, 15(2), 320-331.
- McCain CM & Grytnes JA (2010) Elevational Gradients in Species Richness. *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- McGill BJ, Enquist BJ et al. (2006) Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends Ecol. Evol.*, 21, 178–185
- Meinzer F (2003) Functional convergence in plant responses to the environment. *Oecologia*, S.I., Vol. 134, n. 1, p.1-11. Springer Science + Business Media.
- Mittermeier RA, Gil RP, Hoffman M, Pilgrim J, Brooks T, Mittermeier CG, Lamoreux J, Fonseca GAB (2005) Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions, 2. ed. University of Chicago Press, Boston.
- Montesinos D et al. (2011) Genders in *Juniperus thurifera* have different functional responses to variations in nutrient availability. *New Phytologist*, S.I., Vol. 193, n. 3, p.705-712, 30 nov.
- Moreira VF (2015) Desempenho Ecofisiológico De Uma Espécie Dioica (*Myrsine Coriacea*) Em Diferentes Fitofisionomias Da Floresta Atlântica. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.
- Munné-Bosch S (2015) Sex ratios in dioecious plants in the framework of global change. *Environmental and Experimental Botany* 109, 99–102.
- Obeso JR (2002) The costs of reproduction in plants. *New Phytologist*, 155: 321–348.
- O'Brien, KL et al.(2008) Disaster Risk Reduction, Climate Change Adaptation and Human Security. A Commissioned Report for the Norwegian Ministry of Foreign Affairs. GECHS Report 2008:3, University of Oslo, Norway.
- Ohmura A (2012). Enhanced temperature variability in high-altitude climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 110, 499–508.
- Oliveira J, Alves PLCA & Magalhaes AC(2002)The effect of chilling on the photosynthetic activity in coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings: The protective action of chloroplastid pigments. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 14: 95-104.

- Pérez-Harguindeguy A N et al. (2013) New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61, 167–234.
- Pineschi RB (1990) Aves como dispersoras de sete espécies de *Rapanea* (Myrsinaceae) no maciço do Itatiaia, estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. *Ararajuba* 1: 73-78.
- Pulido F, Moreno G, García E, Obrador JJ, Bonal R, Diaz M (2013) Resource manipulation reveals flexible allocation rules to growth and reproduction in a Mediterranean evergreen oak. *Journal of Plant Ecology*, rtt017.
- R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Randriamanana TR, Nybakken L, Lavola A, Aphalo PJ, Nissinen K, Julkunen Tiitto R (2014) Sex-related differences in growth and carbon allocation to defence in *Populus tremula* as explained by current plant defence theories. *Tree Physiol.* 34, 471–487
- Reich PB, Wright IJ, Cavender-Bares J, Craine JM, Oleksyn J, Westoby KM, Walters MB (2003) The Evolution Of Plant Functional Variation: Traits, Spectra, And Strategies. *Int. J. Plant Sci.* 164(3 Suppl.):S143–S164.
- Rezende CL, Uezu A, Scarano FR, Araujo DSD (2015) Atlantic forest spontaneous regeneration at landscape scale. *Biodivers Conserv* 24:2255–2272.
- Ricklefs RE (2003) *A economia da natureza*. 5ª Ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Rosado BH, Joly CA, Burgess SS, Oliveira RS, Aidar MP. Changes in plant functional traits and water use in Atlantic reforest: evidence of conservative water use in spatio-temporal scales. *Trees*, 1-15.
- Simancas et al. (2016) Sex-Related Differences in Photoinhibition, Photo-Oxidative Stress and Photoprotection in Stinging Nettle (*Urtica Dioica* L.) Exposed to Drought and Nutrient Deficiency. *Photochem Photobiol B* 156, 22-28
- Sims DA & Gamon JA (2002). Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment* 81: 337-354
- Sheng X; Zhou Y; Duan L; LI Z; Eneji ae; Li J. (2010) Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. *Journal of Plant Physiology*, Vol.167, n.15, p. 1248-1252.
- Tilman D (2001) Functional diversity S.A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 3, Academic Press, New York. pp. 109-120
- Van Kooten O, Snel JFH. (1990) The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynthesis Research*, Dordrecht, Vol .25, n.3, p.147–150.



- Varga S, Minna-Maaritkoviita D (2010) Mycorrhizal benefit differs among the sexes in a gynodioecious species. *Ecology*, S.I., Vol. 91, n. 9, p.2583-2593.
- Violle C, Navas M-L, Vile D, Kazakou E, Fortunel C, Hummel I, Garnier E (2007b) Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116:882–892.
- Velazquez-Rosas NJM & Vazquez-Santana S. (2001) Elevational Variation of Leaf Traits in Montane Rain Forest Tree Species at La Chinantla, Southern Mexico. *BIOTROPICA* 34(4): 534-546
- Violle et al. (2007) Let the concept of trait be functional! Subject Editor: Pia Mutikainen, *Oikos* 116: 882-892.
- Warton DI, Wright ST, Wang Y (2012) Distance-based multivariate analyses confound location and dispersion effects. *Methods Ecol Evol* 3:89–101.
- Warren CR & Adams MA. (2005) What Determines Interspecific Variation in Relative Growth Rate of Eucalyptus Seedlings? *Oecologia* Vol. 144, n. 3, pp. 373-381
- Weltzin JF, Loik ME et al. (2003). Assessing the Response of Terrestrial Ecosystems to Potential Changes in Precipitation. *BioScience*, 53(10), 941-952.
- WRIGHT IJ et al (2004). The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*. 428: 822-828.
- Zang et al. (2010). Sex-related differences in morphological, physiological, and ultrastructural responses of *Populus cathayana* to chilling. *Journal of Experimental Botany*.
- Zhou YH, Huang LF, Zhang YL, Shi K, Yu JQ, Nogues S. 2007. Chill-induced decrease in capacity of RuBP carboxylation and associated H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> accumulation in cucumber leaves are alleviated by grafting onto figleaf gourd. *Annals of Botany* 100, 839–848.

