

**Leonardo Tullio
(Organizador)**

**CARACTERÍSTICAS DOS
SOLOS E SUA INTERAÇÃO
COM AS PLANTAS**

Atena
Editora
Ano 2019

Leonardo Tullio
(Organizador)

Características dos Solos e sua Interação com as Plantas

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

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

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

C257 Características dos solos e sua interação com as plantas [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-185-5

DOI 10.22533/at.ed.855191403

1. Ciência do solo. 2. Solos e nutrição de plantas. 3. Solos – Pesquisa – Brasil. I. Tullio, Leonardo.

CDD 625.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2019

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

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Características dos solos e sua interação com as plantas” aborda uma apresentação de 18 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área da Ciência do Solo.

O envolvimento das plantas com o solo requer conhecimento técnico de alto nível, pois a interação Solo – Planta – Ambiente é sem dúvida um universo complexo de informações e resultados que são influenciados por vários agentes externos e internos e que respondem no potencial produtivo de uma cultura. Entretanto, essa interação exige modelagem de dados que muitas vezes são inacabáveis, fazendo assim estimativas conforme os parâmetros estudados.

Porém, com a pesquisa voltada cada vez mais para o estudo do ambiente como um complexo sistema de produção, torna-se favorável para conhecer mais sobre os processos químicos, físicos e biológicos envolvidos no solo e na planta.

Assim, o conhecimento da relação Solo - Planta é fundamental para o entendimento desse sistema de produção, no qual a sua interação com as diversas características define seu potencial.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas surjam neste contexto.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CLASSIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO QUANTO À RESPOSTA E EFICIÊNCIA NO USO DO POTÁSSIO	
<i>Lucas Carneiro Maciel</i>	
<i>Weder Ferreira dos Santos</i>	
<i>Rafael Marcelino da Silva</i>	
<i>Layanni Ferreira Sodré</i>	
<i>Eduardo Tranqueira da Silva</i>	
<i>Fernando Assis de Assunção</i>	
<i>Lázaro Tavares da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914031	
CAPÍTULO 2	8
DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS E SUAS RELAÇÕES COM A GEOMORFOLOGIA DE UMA CATENA DO PAMPA	
<i>Daniel Nunes Krum</i>	
<i>Julio César Wincher Soares</i>	
<i>Lucas Nascimento Brum</i>	
<i>Jéssica Santi Boff</i>	
<i>Higor Machado de Freitas</i>	
<i>Pedro Maurício Santos dos Santos</i>	
<i>Gabriel Rebelato Machado</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914032	
CAPÍTULO 3	21
EFEITOS DAS FORMAS DE MANEJO SOBRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS EM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO TÍPICO EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS	
<i>Valéria Escaio Bubans</i>	
<i>Adriano Udich Bester</i>	
<i>Murilo Hedlund da Silva</i>	
<i>Tagliane Eloíse Walker</i>	
<i>Leonir Terezinha Uhde</i>	
<i>Cleusa Adriane Menegassi Bianchi</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914033	
CAPÍTULO 4	28
EFFECTS OF SOIL, SPATIAL PARAMETERS AND FOLIAR PHENOLIC CONTENTS ON ENTOMOFAUNA VARIABILITY IN PEQUIZEIRO	
<i>Deomar Plácido da Costa</i>	
<i>Gislene Auxiliadora Ferreira</i>	
<i>Suzana Costa Santos</i>	
<i>Pedro Henrique Ferri</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914034	
CAPÍTULO 5	43
EFICIÊNCIA DE AQUISIÇÃO DE NUTRIENTES DO CAPIM-TIFTON 85 ADUBADO COM DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS	
<i>Alexandra de Paiva Soares</i>	
<i>Oscarlina Lúcia dos Santos Weber</i>	
<i>Cristiane Ramos Vieira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914035	

CAPÍTULO 6 47

ESTRATÉGIA NA SELEÇÃO DE MILHO QUANTO A EFICIÊNCIA AO NITROGÊNIO NO ESTADO DO PARÁ SAFRA 2017/2018

Weder Ferreira dos Santos
Elias Cunha de Faria
Layanni Ferreira Sodré
Rafael Marcelino da Silva
Eduardo Tranqueira da Silva
Fernando Assis de Assunção
Lázaro Tavares da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8551914036

CAPÍTULO 7 54

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ESTRUTURA DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL

Lucas Nascimento Brum
Julio César Wincher Soares
Daniel Nunes Krum
Jéssica Santi Boff
Higor Machado de Freitas
Pedro Maurício Santos dos Santos
Vitória Silva Coimbra
Matheus Ribeiro Gorski
Thaynan Hentz de Lima

DOI 10.22533/at.ed.8551914037

CAPÍTULO 8 65

ÍNDICE DE ESTRATIFICAÇÃO DE CARBONO EM ÁREAS DE EXPANSÃO DA AGRICULTURA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Nádia Goergen
Felipe Bonini da Luz
Ijésica Luana Streck
Marcos André Bonini Pires
Jovani de Oliveira Demarco
Vanderlei Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8551914038

CAPÍTULO 9 74

NUTRITIONAL AND PHENOLOGICAL INFLUENCE IN ESSENTIAL OILS OF *Eugenia dysenterica* ("CAGAITEIRA")

Yanuzi Mara Vargas Camilo
Eudécio Bonfim dos Santos Dias
Eli Regina Barboza de Souza
Suzana Costa Santos
José Realino de Paula
Pedro Henrique Ferri

DOI 10.22533/at.ed.8551914039

CAPÍTULO 10 88

QUIMIOVARIAÇÕES EM CASCAS E SEMENTES DE JABUTICABAS EM FUNÇÃO DOS NUTRIENTES DO SOLO DE CULTIVO DOS FRUTOS

Gustavo Amorim Santos
Luciane Dias Pereira
Suzana da Costa Santos

Pedro Henrique Ferri

DOI 10.22533/at.ed.85519140310

CAPÍTULO 11 103

RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO SOBRE EFEITO DE INOCULAÇÃO EM DIFERENTES DOSAGENS DE NITROGÊNIO

Leandro dos Santos Barbosa

Fernando Zuchello

Paula Fernanda Chaves Soares

DOI 10.22533/at.ed.85519140311

CAPÍTULO 12 112

SOLUÇÕES CONSERVANTES EM ARMADILHAS *PITFALL TRAPS* PARA CAPTURA DA FAUNA EPIEDÁFICA

Ketrin Lohrayne Kubiak

Dinéia Tessaro

Jéssica Camile Silva

Luis Felipe Wille Zarzycki

Karina Gabrielle Resges Orives

Regiane Franco Vargas

Maritânia Santos

Bruno Mikael Bondezan Pinto

DOI 10.22533/at.ed.85519140312

CAPÍTULO 13 127

USO DE COVARIÁVEIS AMBIENTAIS PARA A PREDIÇÃO ESPACIAL DO CONTEÚDO DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO

Nícolás Augusto Rosin

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Jean Michel Moura-Bueno

Taciara Zborowski Horst

João Pedro Moro Flores

Diego José Gris

DOI 10.22533/at.ed.85519140313

CAPÍTULO 14 136

USO DO BIOATIVADOR DE SOLO E PLANTA NA CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA

Cláudia Fabiana Alves Rezende

Rodrigo Caixeta Pinheiro

Jéssica de Lima Pereira

Carlos Henrique Melo

Thiago Rodrigues Ramos Farias

João Maurício Fernandes Souza

DOI 10.22533/at.ed.85519140314

CAPÍTULO 15 148

UTILIZAÇÃO DE PSEUDO-AMOSTRAGEM NO MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO POLÉSINE-RS UTILIZANDO FLORESTA ALEATÓRIA

Daniely Vaz Rodrigues da Silva

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Jéssica Rafaela da Costa

Jean Michel Moura-Bueno

Cândida Regina Müller

Beatriz Wardzinski Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.855191403

CAPÍTULO 16 156

VARIABILIDADE E CORRELAÇÕES ESPACIAIS DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO MÍNIMO, NUMA CATENA DO PAMPA

Jéssica Santi Boff

Julio César Wincher Soares

Claiton Ruviano

Kauã Ereno Fumaco

Daniel Nunes Krum

Pedro Maurício Santos dos Santos

Higor Machado de Freitas

Lucas Nascimento Brum

Vitória Silva Coimbra

DOI 10.22533/at.ed.85519140316

CAPÍTULO 17 168

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA, FÓSFORO E POTÁSSIO DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL

Higor Machado de Freitas

Julio César Wincher Soares

Pedro Maurício Santos dos Santos

Daniel Nunes Krum

Lucas Nascimento Brum

Jéssica Santi Boff

Matheus Ribeiro Gorski

Thaynan Hentz de Lima

DOI 10.22533/at.ed.85519140317

SOBRE O ORGANIZADOR..... 176

QUIMIOVARIAÇÕES EM CASCAS E SEMENTES DE JABUTICABAS EM FUNÇÃO DOS NUTRIENTES DO SOLO DE CULTIVO DOS FRUTOS

Gustavo Amorim Santos

Universidade Federal de Goiás, Instituto de
Química
Goiânia - Goiás

Luciane Dias Pereira

Instituto Federal de Goiás
Anápolis - Goiás

Suzana da Costa Santos

Universidade Federal de Goiás, Instituto de
Química
Goiânia - Goiás

Pedro Henrique Ferri

Universidade Federal de Goiás, Instituto de
Química
Goiânia - Goiás

RESUMO: A jabuticaba é rica em polifenóis de importância biológica. Neste trabalho, polifenóis e outros metabólitos, além de parâmetros de coloração das cascas e sementes de frutos cultivados em cinco pomares foram investigados objetivando correlacionar a composição química dessas partes dos frutos com os solos de cultivo. As amostras foram obtidas de frutos da Fazenda Jabuticabal, Nova Fátima, Goiás. Macro e micronutrientes das amostras e dos solos foram analisados e submetidos às análises de redundância e de agrupamento. Os resultados conduziram ao reagrupamento das amostras em três classes de acordo com

as características dos solos de origem. Solos mais arenosos (valor médio de areia, 490 g/kg), com baixos níveis de nutrientes, apresentaram cascas com altos teores (g/100 g casca seca) de taninos (0,69), antocianinas (0,54), fenóis totais (2,91) e pedunculagina (0,04), enquanto sementes oriundas de solos com maior pH (4,5) e níveis mais elevados de P (4,6 mg/dm³), Ca²⁺ (1,7 cmol_c/dm³), Mg²⁺ (0,4 cmol_c/dm³), Fe³⁺ (215,4 mg/dm³), Mn²⁺ (37,0 mg/dm³) e Zn²⁺ (1,4 mg/dm³) apresentaram os maiores teores (g/100 g semente seca) de ácido elágico (0,09), vescalagina (2,9) e castalagina (2,4). Os frutos mais adequados para vinhos e sucos com propriedades sensoriais valorizados foram obtidos em solos arenosos mais pobres. Por outro lado, sementes de frutos cultivados em solos arenosos, mas ricos em nutrientes, foram indicadas como ingrediente funcional para a indústria farmacêutica ou alimentícia por apresentarem os maiores teores de vescalagina e castalagina. Assim, o manejo do solo é um importante parâmetro para a melhoria da qualidade desses subprodutos da jabuticaba.

PALAVRAS-CHAVE: *Myrciaria cauliflora*, frutos, variabilidade química, fertilidade do solo

ABSTRACT: Jabuticaba is rich in polyphenols of the biological importance. In this work, polyphenols and other metabolites, as well as the coloring parameters of the peels and fruit seeds

grown in five orchards were investigated in order to correlate the chemical composition of these parts with the cultivated soils. Samples were obtained from cultivated fruits of Jabuticabal Farm, Nova Fátima, Goiás State, Brazil. Macro and micronutrients of samples and soils were analyzed and submitted to canonical redundancy and cluster analyses. Results indicated that samples were clustered into three groups according to the soil origin. Sandy soils (sand average value 490 g/kg) with low nutrient levels showing peels with highest contents (mg/100 g dry peel) of tannins (0.69), anthocyanins (0.54), total phenols (2.91) and pedunculagin (0.04), while seeds from soils with higher pH (4.5) and highest levels of P (4.6 mg/dm³), Ca²⁺ (1.7 cmol_c/dm³), Mg²⁺ (0.4 cmol_c/dm³), Fe³⁺ (215.4 mg/dm³), Mn²⁺ (37.0 mg/dm³) and Zn²⁺ (1.4 mg/dm³) had the highest contents (mg/100 g dry seeds) of ellagic acid (0.09), vescalagin (2.9) and castalagin (2.4). The most suitable fruits for wine and juice with high sensorial properties were produced in poorer sandy soils. On the other hand, fruit seeds grown in sandy soils richer in nutrients were indicated as functional ingredient for pharmaceutical or food industry, because of highest vescalagin and castalagin levels. Thus, soil management was an important parameter for improving the quality of jabuticaba by-products.

KEYWORDS: *Myrciaria cauliflora*, fruits, chemical variability, soil fertility

1 | INTRODUÇÃO

A jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg; Myrtaceae) é uma árvore nativa do Brasil e encontrada principalmente na região centro-sul (OLIVEIRA et al., 2003), mas já se encontram cultivos na Flórida/EUA e em países das Américas Central e do Sul (BALERDI; RAFIE; CRANE, 2006). Os frutos contêm uma polpa suculenta de sabor doce e pouco adstringente, apropriados para o consumo *in natura*, produções artesanais e utilizações industriais diversas como na fabricação de sucos, sorvetes, licores, aguardente, geléias, vinhos, vinagre, compotas e outros (WU et al., 2013). Como o fruto é altamente perecível, decorridos dois dias do amadurecimento iniciam-se os processos de alterações em seu sabor e aparência, ocorrendo perdas intensas de água, deterioração e fermentação da polpa (LIMA et al., 2008). Devido a esses fatores o aproveitamento da jabuticaba, durante anos, foi realizado em um curto período pós-colheita. Essa situação ainda persiste, embora tecnologias como a liofilização no processamento do fruto e/ou da casca, na forma de pó, têm permitindo o consumo em qualquer época do ano (FARIA et al., 2016), ou na obtenção de extratos secos de cascas e sementes residuais como fonte alternativa de ingredientes na indústria de alimentos (BORGES et al., 2017; SOUZA; POLIANA; MARCZAK, 2017).

A comercialização ainda gera uma grande quantidade de frações desperdiçadas especialmente da casca e da semente e que juntas podem representar quase 50% do fruto (CROZIER; JAGANATH; CLIFFORD, 2009; MORALES et al., 2016).

Com respeito à composição química dos frutos foram isolados depsídeos e antocianinas (REYNERTSON et al., 2006; WU et al., 2013). Nos últimos cinco anos,

sete taninos hidrolisáveis (elagitaninos) foram detectados e tentativamente identificados com base em LC-TOF/MS (ALEZANDRO et al., 2013; PLAZA et al., 2016), embora não tenham apresentado consistência com outros estudos que utilizaram técnicas tradicionais de isolamento e identificação (PEREIRA et al., 2017; WU et al., 2012; WU et al., 2013). Em outro estudo, oito elagitaninos, incluindo a inédita cauliflorina (**1**), e seis polifenóis foram isolados e identificados (PEREIRA et al., 2017).

Estudos prévios indicaram que as alterações na composição química em polifenóis foram influenciadas mais pela parte do fruto do que pelo seu grau de maturidade. Os elagitaninos pedunculagina, castalagina e vescalagina, bem como os ácidos gálico e elágico concentraram-se principalmente nas sementes, enquanto cauliflorina e as antocianinas, cianidina-3-glicose e delphinidina-3-glicose, acumularam-se nas cascas (PEREIRA et al., 2017).

Esses resultados demonstram o potencial químico-biológico dessas partes dos frutos, ainda negligenciadas, e a importância de estudos adicionais acerca da variabilidade desses constituintes em diferentes condições de cultivo da espécie.

Neste trabalho, polifenóis e outros metabólitos, além dos constituintes da composição centesimal e parâmetros de coloração das cascas e sementes dos frutos de jabuticaba foram investigados quanto ao padrão de variabilidade química, por meio de métodos estatísticos uni e multivariados. Espera-se que um maior conhecimento acerca das influências ambientais na composição e variabilidade química dos metabólitos das cascas e sementes de jabuticaba possa permitir um maior aproveitamento dos rejeitos da agroindústria, como fonte potencial de compostos biologicamente importantes, seja como ingredientes funcionais em alimentos ou como nutracêuticos derivados de frutos, até o momento de pouco destaque na cadeia produtiva dessa fruta.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostragem e Análises Químicas

As amostras foram obtidas de frutos da safra de 2013 provenientes de cinco jabuticabeiras cultivadas em cada um dos cinco pomares da Fazenda Jabuticabal, Nova Fátima, Goiás. As cascas e sementes foram trituradas, liofilizadas e extraídas com EtOH:HCl (9:1) e MeOH:H₂O (1:1), respectivamente, em banho de ultrassom. Os extratos foram analisados quanto aos teores de fenóis totais, taninos, flavonoides e antocianinas totais, índice de cor e tonalidade. As análises quantitativas dos elagitaninos e ácidos fenólicos foram realizadas por meio de cromatografia líquida de alta eficiência com detecção de arranjo de diodos (PEREIRA et al., 2017).

Para a determinação da composição química centesimal as cascas e as sementes foram secas, trituradas e analisadas quanto aos parâmetros de umidade e teores de lipídeos, cinzas, proteínas, níveis de fibras alimentares (solúvel e insolúvel) e carboidratos, segundo as recomendações da Association of Official Analytical

Chemists (2006). Glicose, frutose, sacarose e ácido cítrico foram quantificados por RMN H^1 quantitativo (PEREIRA et al., 2017).

Para a análise dos macro e micronutrientes das amostras foi utilizada a espectrometria de absorção atômica (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}), espectrometria na região do visível (P) e espectrometria de emissão em chama (K^+). A análise dos nutrientes foi realizada no Laboratório de Análise de Solos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás-EA/UFG.

Amostras de solo de cinco pomares da Fazenda Jabuticabal foram secas e peneiradas (2 mm) separadamente e a porção mais fina (< 2 mm) foi submetida à análise físico-química. A textura do solo, matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC) e o potencial de acidez ($H+Al^{3+}$) foram determinados pelos métodos habituais (SILVA, 1999). O pH foi determinado em solução de $CaCl_2$ -solo na razão 1:1. Os íons Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com KCl 1,0 mol L^{-1} , enquanto que P, K^+ , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} foram extraídos com solução Mehlich. As análises foram realizadas de forma similar ao dos nutrientes foliares no Laboratório de Análise de Solos da EA/UFG.

2.2 Análises Estatísticas

A comparação múltipla das médias foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA), seguido do teste de Tukey. Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos. As análises foram efetuadas no programa SAS (1996). Para a análise multivariada, os dados químicos foram organizados em duas matrizes: resposta e explicativa. A matriz de resposta (30 × 24) foi formada pelas 30 amostras (15 amostras por parte do fruto) nas linhas e os 24 teores químicos, como variáveis, nas colunas. A matriz explicativa (30 × 24) conteve as mesmas 30 amostras de cascas e sementes de frutos nas linhas e os nutrientes do solo (14 parâmetros) e das partes do fruto (oito parâmetros), em adição a uma variável categórica (semente ou casca), nas colunas.

As matrizes foram submetidas à análise de redundância (RDA), onde a matriz de dados explicativa condiciona o posicionamento das variáveis na matriz resposta (LEPŠ; ŠMILAUER, 2007). Testes de permutação de Monte Carlo irrestritos (999 permutações) foram utilizados para avaliar a significância dos autovalores obtidos pela RDA. Em todas as análises, o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e o fator de inflação da variância da variável (VIF) foram utilizados para guiar a seleção das variáveis explicativas, evitando-se a multicolinearidade nas regressões multivariadas (LEPŠ; ŠMILAUER, 2007).

O algoritmo de lógica nebulosa fuzzy *c*-means foi utilizado para detectar o agrupamento natural das amostras e suas relações intra e interclasses. O coeficiente de partição normalizado (coeficiente de Dunn) foi utilizado para medir o grau de partição do conjunto. A validação da técnica foi baseada na análise de discriminante (CDA), com os agrupamentos (classes) como a variável de resposta e os teores químicos como variáveis explicativas. A capacidade preditiva das funções discriminantes foi

avaliada pela técnica de reamostragem de Jackknife.

Antes da análise multivariada os dados foram pré-processados: a matriz resposta foi transformada para $\log(x+1)$ e centrada na média, enquanto a matriz explicativa foi autoescalada. As análises multivariadas foram conduzidas nos programas Canoco (2012) e R (R CORE TEAM, 2014).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Univariada das Sementes e das Cascas

A análise de variância dos dados obtidos utilizando a parte do fruto (casca e semente) e o solo de cultivo (S1-S5), como fatores na ANOVA, sugeriu uma distinção qualitativa e quantitativa dos metabólitos das cascas e das sementes da jabuticaba (Tabela 1).

Constituinte	Parte do Fruto	Solo de Cultivo				
		S1	S2	S3	S4	S5
Lipídeos ^b	Semente	0,47 ^{Ba}	0,47 ^{Ba}	0,45 ^{Bb}	0,45 ^{Bb}	0,46 ^{Bb}
	Casca	0,48 ^{Ac}	0,50^{Aa}	0,47 ^{Ad}	0,46 ^{Ad}	0,49 ^{Ab}
Proteínas ^c	Semente	0,50 ^{Ba}	0,48 ^{Bb}	0,49 ^{Bab}	0,49 ^{Bab}	0,49 ^{Bab}
	Casca	5,64 ^{Aab}	6,26^{Aa}	5,76 ^{Aab}	6,23^{Aa}	5,15 ^{Ab}
Carboidratos	Semente	11,99 ^{Bc}	14,72 ^{Ba}	13,36 ^{Bb}	13,52 ^{Bb}	12,88 ^{Bbc}
	Casca	55,81 ^{Ac}	53,03 ^{Ad}	58,69^{Aa}	57,23 ^{Ab}	57,82 ^{Aab}
Fibras solúveis	Semente	0,50 ^{Ba}	0,49 ^{Bc}	0,50 ^{Bb}	0,49 ^{Bb}	0,50 ^{Bb}
	Casca	5,45 ^{Ad}	5,49^{Aa}	5,48 ^{Ab}	5,47 ^{Ac}	5,47 ^{Ac}
Fibras insolúveis	Semente	22,89 ^{Bc}	22,94 ^{Ba}	22,89 ^{Bd}	22,90 ^{Bb}	22,85 ^{Be}
	Casca	23,12 ^{Ab}	23,06 ^{Ad}	23,11 ^{Ac}	23,03 ^{Ae}	23,20^{Aa}
Sacarose ^d	Semente	2,78^a	1,45 ^c	1,20 ^c	2,11 ^b	2,33 ^{ab}
	Casca	-	-	-	-	-
Cinzas ^c	Semente	0,98 ^{Bbc}	0,98 ^{Bd}	0,99 ^{Ba}	0,99 ^{Bab}	0,98 ^{Bcd}
	Casca	4,74 ^{Ac}	4,80 ^{Ab}	4,80^{Aa}	4,87^{Aa}	4,71 ^{Ac}
Glicose ^d	Semente	3,67 ^{Bbc}	4,09 ^{Bb}	4,13 ^{Bb}	3,33 ^{Bc}	5,74 ^{Ba}
	Casca	32,13 ^{Ab}	39,47^{Aa}	39,93^{Aa}	21,80 ^{Ac}	37,00 ^{Aa}
Frutose ^b	Semente	3,14 ^{Bbc}	3,72 ^{Bbc}	4,27 ^{Bb}	2,83 ^{Bc}	6,84 ^{Ba}
	Casca	38,00 ^{Ab}	45,37^{Aa}	48,23^{Aa}	24,07 ^{Ac}	43,97 ^{Aa}
Ácido cítrico ^c	Semente	1,49 ^{Bbc}	1,57 ^{Bab}	1,59 ^{Bab}	1,19 ^{Bd}	2,31 ^{Ba}
	Casca	23,42 ^{Aab}	28,65^{Aa}	26,37^{Aab}	8,89 ^{Ac}	21,24 ^{Abc}
Fenóis totais	Semente	0,76 ^{Bd}	0,91 ^{Bc}	0,67 ^{Be}	1,57 ^{Ba}	1,42 ^{Bb}
	Casca	2,63 ^{Ad}	2,84 ^{Ab}	2,42 ^{Ae}	2,73 ^{Ac}	2,98^{Aa}
Taninos totais	Semente	0,77 ^{Ad}	0,96 ^{Ac}	0,66 ^{Ae}	1,27^{Aa}	1,06 ^{Ab}
	Casca	0,53 ^{Bd}	0,66 ^{Bb}	0,43 ^{Be}	0,58 ^{Bc}	0,72 ^{Ba}

Flavonoides totais	Semente	4,43 ^d	4,84 ^c	4,02 ^e	6,44^a	5,67 ^b
	Casca	NA	NA	NA	NA	NA
Antocianinas totais	Semente	-	-	-	-	-
	Casca	0,43 ^c	0,51 ^b	0,39 ^d	0,43 ^c	0,56^a
Ácido elágico	Semente	0,06 ^{Ad}	0,08 ^{Ab}	0,10^{Aa}	0,08 ^{Ab}	0,07 ^{Ac}
	Casca	0,02 ^{Bb}	0,02 ^{Bb}	0,03 ^{Bb}	0,04 ^{Ba}	0,03 ^{Bb}
Ácido gálico	Semente	-	-	-	-	-
	Casca	0,01 ^b	0,01 ^b	0,01^a	0,01 ^b	0,01 ^b
Vescalagina	Semente	1,70 ^c	2,76 ^a	3,01^a	2,38 ^b	2,26 ^b
	Casca	0,01 ^b	-	0,01 ^{ab}	0,01 ^a	-
Castalagina	Semente	1,72 ^d	2,27 ^b	2,45^a	2,04 ^c	2,05 ^c
	Casca	-	-	-	0,04	-
Pedunculagina ^b	Semente	NA	NA	NA	NA	NA
	Casca	0,02 ^{bc}	0,03 ^b	0,02 ^{bc}	0,01 ^c	0,04^a
Delfinidina-3- glicose ^b	Semente	-	-	-	-	-
	Casca	0,06 ^c	0,14^a	0,06 ^{bc}	0,07 ^{bc}	0,09 ^b
Cianidina-3- glicose ^b	Semente	-	-	-	-	-
	Casca	0,27 ^b	0,53^a	0,32 ^b	0,34 ^b	0,37 ^b
Umidade ^c	Semente	24,74 ^{Ad}	27,97 ^{Ab}	31,01^{Aa}	27,14 ^{Ac}	14,52 ^{Be}
	Casca	18,35 ^{Bb}	20,48 ^{Ba}	15,63 ^{Bd}	15,24 ^{Bd}	16,88 ^{Ac}
Índice de cor ^c	Semente	-	-	-	-	-
	Casca	0,81 ^d	0,95 ^b	0,63 ^e	0,91 ^c	1,20^a
Tonalidade	Semente	-	-	-	-	-
	Casca	0,93 ^b	0,55 ^d	1,07^a	0,75 ^c	0,33 ^e

Tabela 1. Teores^a químicos das cascas e sementes de jabuticabas de acordo com o solo de cultivo dos frutos na Fazenda Jabuticabal, Novo Fátima, Goiás

^aBaseado nos valores originais em triplicata (g/100 g massa seca). ^bTransformado pela raiz quadrada, ^cordem dos mesmos (rank) ou ^dlogaritmo na ANOVA. NA = não analisado. – = não detectado. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e letras maiúsculas nas colunas não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As cascas apresentaram teores mais elevados do que nas sementes principalmente nas variáveis do metabolismo primário (lipídeos, proteínas, carboidratos, fibras, cinzas, glicose, frutose e ácido cítrico) além dos fenóis totais. Algumas variáveis, associadas ao metabolismo especial, ocorreram unicamente nesta parte do fruto, como as antocianinas, incluindo cianidina e delfinidina-3-glicose, além dos índices de cor e tonalidade. Neste estudo o ácido gálico e a pedunculagina foram detectados apenas nas cascas, apesar de também ocorrem nas sementes (PEREIRA et al., 2017).

As sementes, por sua vez, se destacaram pelos teores mais elevados de umidade e metabólitos especiais como os taninos, ácido elágico e vescalagina, enquanto castalagina praticamente só ocorreu nesta parte do fruto. Resultados

anteriores mostraram a preponderância de taninos e ácidos fenólicos nas sementes da jabuticaba (PEREIRA et al., 2017). Os teores de flavonoides totais foram quantificados somente nas sementes e sacarose só foi detectada nesta parte do fruto. As variáveis com ocorrências tanto nas cascas quanto nas sementes apresentaram diferenças significativas na interação entre os dois fatores, na ANOVA. Assim, em relação às cascas, os teores mais elevados de proteínas foram provenientes dos solos arenoso S2 e argiloso-arenoso S4 (6,26 e 6,23 g/100 g, respectivamente); lipídeos (0,50 g/100 g) e fibras solúveis (5,49 g/100 g) preponderaram no solo S2; glicose (39,47 e 39,93 g/100 g), frutose (45,37 e 48,23 g/100 g) e ácido cítrico (28,65 e 26,37 g/100 g) apresentaram teores elevados nos solos S2 e S3 (arenoso-argiloso); carboidratos (58,69 g/100 g) ocorreram principalmente no solo S3. Maiores teores de cinzas (4,80 e 4,87 g/100 g) concentraram-se em cascas dos solos S3 e S4, enquanto que as fibras insolúveis (23,20 g/100 g) e fenóis totais (2,98 g/100 g) preponderaram nas cascas dos frutos provenientes do solo S5, arenoso-argiloso pobre em matéria orgânica e com mais baixa capacidade de troca catiônica (CTC). Entre as variáveis com ocorrência restrita às cascas, destacam-se a cianidina-3-glicose (0,14 g/100 g), preponderante no solo S2; ácido gálico (0,01 g/100 g) e tonalidade (1,07 g/100 g) no solo S3, enquanto que antocianinas totais (0,56 g/100 g), pedunculagina (0,04 g/100 g), índice de cor (1,20 g/100 g) e delphinidina-3-glicose (0,04 g/100 g) foram principalmente encontradas nas cascas provenientes do solo S5.

Em relação às sementes, os teores de vescalagina (3,01 g/100 g), castalagina (2,45 g/100 g), ácido elágico (1,10 g/100 g) e umidade (31,01 g/100 g) foram predominantes em frutos cultivados no solo S3, enquanto que fenóis totais (1,57 g/100 g), taninos (1,27 g/100 g) e flavonoides (6,44 g/100 g) preponderaram naqueles originados do solo S4. Sacarose foi observada apenas nessa parte do fruto e principalmente nas sementes provenientes do solo arenoso/argiloso S1 (2,78 g/100 g).

De forma geral, os solos S2 e S3 com altos teores de areia, Fe^{3+} e Mn^{2+} , mas com baixo K^+ , apresentaram teores elevados em metabólitos primários nas cascas e elagitaninos nas sementes (Tabela 2).

Constituinte	Solo de Cultivo				
	S1	S2	S3	S4	S5
Argila (g/dm ³)	390	290	350	460	410
Silte (g/dm ³)	190	150	190	160	170
Areia (g/dm ³)	420	560	460	380	420
Matéria orgânica (g/dm ³)	9,0	7,0	15,0	16,0	7,0
pH	4,0	4,2	4,7	4,2	4,0
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,6	0,7	2,7	0,8	0,2
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,3	0,3	0,5	0,2	0,1
K⁺ (cmol _c /dm ³)	0,09	0,07	0,07	0,09	0,09
K⁺ (mg/dm ³)	36,0	29,0	29,0	34,0	36,0

P (mg/dm ³)	1,4	2,9	6,2	0,8	2,6
Cu ²⁺ (mg/dm ³)	1,3	1,1	2,2	1,3	1,9
Fe³⁺ (mg/dm ³)	111,3	235,7	195,0	67,3	71,2
Mn²⁺ (mg/dm ³)	20,2	27,2	46,8	3,8	27,0
Zn ²⁺ (mg/dm ³)	0,4	1,1	1,6	1,3	0,3
Al³⁺ (cmol _c /dm ³)	0,7	0,3	0	0,4	0,3
H+Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	6,6	8,1	4,8	7,3	3,9
CTC (cmol _c /dm ³)	7,6	9,2	8,1	8,4	4,3

Tabela 2. Características físico-químicas dos solos de cultivo dos frutos de *M. cauliflora*.

Por outro lado, os solos argilosos S4 e S5, com mais baixos níveis de Mg²⁺ e Fe³⁺, mais rico em K⁺, conduziram a teores mais elevados em compostos fenólicos totais, relacionados às funções adaptativas frente a situações de estresses bióticos ou abióticos. O solo S1, pouco fértil e com alto teor de Al³⁺, apresentou apenas a sacarose, exclusivamente nas sementes, como variável de destaque. Quanto aos nutrientes minerais presentes nos tecidos das amostras, K⁺, Mg²⁺, Cu²⁺ e Mn²⁺ variaram de acordo com a parte do fruto e do solo de origem (Tabela 3).

Mineral	Parte do Fruto	Solo				
		S1	S2	S3	S4	S5
Ca ²⁺ , b	Semente	0,11 ^{Ab}	0,11 ^{Aa}	0,11 ^{Ab}	0,10 ^{Ab}	0,10 ^{Ab}
	Casca	0,12 ^{Ab}	0,13 ^{Aa}	0,12 ^{Ab}	0,10 ^{Ab}	0,11 ^{Ab}
K ⁺ , b	Semente	0,64 ^{Bab}	0,67 ^{Bab}	0,43 ^{Bb}	0,51 ^{Bab}	0,71 ^{Aa}
	Casca	1,41^{Aa}	1,21^{Aa}	1,26^{Aa}	0,70 ^{Ab}	0,85 ^{Ab}
Mg ²⁺ , b	Semente	0,10^{Aa}	0,10^{Aa}	0,10^{Aa}	0,10^{Aa}	0,10^{Aa}
	Casca	0,06 ^{Bab}	0,07 ^{Ba}	0,07 ^{Ba}	0,05 ^{Bb}	0,05 ^{Bb}
P ^b	Semente	2,57 ^{Aab}	2,75 ^{Aa}	2,07 ^{Aab}	1,86 ^{Ab}	1,91 ^{Aab}
	Casca	1,70 ^{Bab}	1,94 ^{Ba}	1,74 ^{Bab}	1,43 ^{Bb}	1,86 ^{Bab}
Cu ²⁺ , c	Semente	7,00 ^{Ab}	10,00^{Aa}	10,00^{Aa}	7,00 ^{Ab}	8,00 ^{Ab}
	Casca	2,33 ^{Bc}	4,00 ^{Bb}	4,33 ^{Bab}	5,67 ^{Ba}	5,00 ^{Bab}
Fe ³⁺ , c	Semente	51,33 ^{Bbc}	61,00 ^{Ba}	60,33 ^{Ba}	54,67 ^{Bab}	53,33 ^{Bc}
	Casca	55,67 ^{Abc}	61,67 ^{Aa}	60,67 ^{Aa}	62,67 ^{Aab}	52,67 ^{Ac}
Mn ²⁺ , c	Semente	17,33 ^{Bc}	25,00 ^{Bb}	22,00 ^{Bb}	30,67 ^{Ba}	8,00 ^{Bd}
	Casca	49,00 ^{Ab}	57,33^{Aa}	45,00 ^{Ab}	55,00^{Aa}	55,33^{Aa}
Zn ²⁺ , c	Semente	15,60 ^{Ab}	16,90 ^{Aa}	17,80 ^{Aab}	13,77 ^{Ab}	16,10 ^{Ab}
	Casca	16,00 ^{Ab}	20,77 ^{Aa}	17,17 ^{Aab}	15,53 ^{Ab}	15,03 ^{Ab}

Tabela 3. Teores^a dos minerais das sementes e cascas dos frutos de *M. cauliflora*

^aBaseado nos valores originais em triplicata. ^b(g/kg massa seca). ^c(mg/kg massa seca). Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Potássio e Mn^{2+} destacaram-se nas cascas, principalmente dos frutos cultivados nos solos S1/S2/S3 e S4/S5, respectivamente, enquanto que os teores de Cu^{2+} e Mg^{2+} foram maiores nas sementes, com o Cu^{2+} ocorrendo principalmente nos solos S2 e S3. Não se observou qualquer influência do solo de cultivo para os teores de Mg^{2+} nas sementes. Fósforo e Fe^{3+} destacaram-se nas sementes e cascas, respectivamente, com ambos os nutrientes com os maiores teores no solo S2. Por sua vez, Ca^{2+} e Zn^{2+} não apresentaram diferenças significativas entre as partes do fruto, embora tenham ocorrido principalmente nos solos S4 e S2, respectivamente.

3.2 Análise Multivariada das Sementes

O padrão multivariado dos metabólitos das sementes por meio da RDA resultou em correlações significativas entre as duas matrizes para os dois primeiros eixos canônicos ($R_1 = 0,953$ e $R_2 = 0,974$). Os parâmetros baixos de VIF $< 4,23$ e a alta variância explicada ($R^2 = 79,6\%$; $R^2_{aj} = 74,0\%$; $F = 14,3$; $p = 0,001$), indicaram ausência de multicolinearidade nas regressões multivariadas (LEPŠ; ŠMILAUER, 2007).

A RDA1 (Figura 1), responsável por 46,7% da variação explicada ($F = 9,7$; $p = 0,002$), separou as sementes com baixos teores de Mn^{2+} e umidade, provenientes dos frutos do solo S5, principalmente devido ao acúmulo de açúcares monoméricos (glicose e frutose) e ácido cítrico.

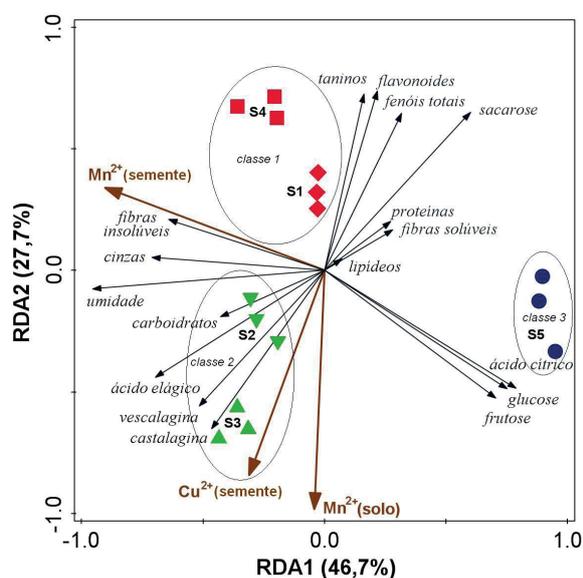


Figura 1. Plano da RDA dos metabólitos (setas azuis) das sementes de *M. cauliflora* explicados pelos seus nutrientes minerais (Cu^{2+} e Mn^{2+}) e do solo (Mn^{2+}), representados por setas marrons. As amostras foram obtidas de frutos cultivados no solo S1-S5.

Os maiores valores da RDA2 (27,7%; $F = 11,9$; $p = 0,001$) correlacionaram-se às sementes dos solos pobres em Mn^{2+} (S1 e S4) e acumularam majoritariamente polifenóis (fenóis, flavonoides e taninos totais) e sacarose. Valores negativos da RDA2 correlacionaram-se a teores elevados de alguns nutrientes minerais das sementes (Cu^{2+}) e do solo (Mn^{2+}), importantes na caracterização das amostras que se apresentaram ricas em ácido elágico e elagitaninos (vescalagina e castalagina),

procedentes dos solos S2 e S3.

Vários estudos demonstraram a participação de Cu^{2+} e Mn^{2+} na rota do ácido chiquímico que conduz a flavonóides, taninos, e lignina (DIAZ et al., 2001; GUANGQIU; CHONGLING; HAOLIANG, 2007). Em plantas, com deficiência de Cu^{2+} e Mn^{2+} , a lignificação é prejudicada e os compostos fenólicos se acumulam nos tecidos (LIN; CHEN; LIU, 2005). Isto se deve em parte à queda na atividade da fenolase e lacase, dependentes de Cu^{2+} , enzimas-chave na lignificação. O efeito do Cu^{2+} na biossíntese de taninos foliares tem sido descrita em *Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco (Myrsinaceae) (GUANGQIU; CHONGLING; HAOLIANG, 2007). Inicialmente, a quantidade de tanino diminui com a oferta de cobre. Porém, quando ele atinge níveis tóxicos, o teor de tanino aumenta. Esses resultados mostraram que a biossíntese de polifenóis é dependente dos níveis de Cu^{2+} e Mn^{2+} : a lignificação é inibida em tecidos deficientes e a produção de outros fenólicos é aumentada, o que provavelmente ocorre em sementes do solo S1 e S4. Quando Cu^{2+} e Mn^{2+} atingem níveis suficientes, a biossíntese de lignina é aumentada, provavelmente usando outros derivados fenólicos como intermediários.

A análise por fuzzy c-means confirmou a tendência de agrupamento das amostras de acordo com a RDA. O valor próximo da unidade do coeficiente de partição normalizado de Dunn (0,96) indicou que o agrupamento das amostras não se apresenta difuso, pelo contrário, aproxima-se de uma partição próxima de um conjunto rígido e, conseqüentemente, com nítida alocação das amostras, sem sobreposição. Para a validação desses resultados utilizou-se a análise de discriminante (CDA), com as três classes (agrupamentos) como variáveis de resposta e os teores de vescalagina, flavonoides e glicose como variáveis preditoras (Tabela 4).

Os resultados indicaram uma excelente classificação das amostras cujos valores baixos dos lambdas de Wilks ($\Lambda_1 = 0,007$; $\Lambda_2 = 0,109$) indicaram a medida multivariada da grande diferença entre as três classes, com uma forte correlação entre os conjuntos de variáveis ($R_1 = 0,969$; $R_2 = 0,944$). A primeira função discriminante (CDA1) acumulou 65,3% da variabilidade total e separou ($F = 37,5$; $GL = 6$ e 20 ; $p = 0,001$) a classe 3, contendo as sementes de frutos dos solos S5, principalmente pelo escore positivo (1,08) da glicose.

Função canônica	Autovalor	Porcentual relativo	Correlação canônica	Lambda de Wilks	F	GL ^a	P
CD1	15,350	65,3	0,969	0,007	37,5	6; 20	0,001
CD2	8,166	34,7	0,944	0,109	44,9	2; 11	0,001

Coefficientes	Flavonoide	Vescalagina	Glicose
CD1	0,87	-0,42	1,08
CD2	-0,98	1,27	0,27

Escores	Classe 1	Classe 2	Classe 3
---------	----------	----------	----------

CD1	-1,75	-1,76	7,01
CD2	-2,86	2,86	0,01
Validação	Classe 1	Classe 2	Classe 3
	100%	100%	100%
			Total
			100%

Tabela 4. Sumário da análise de discriminante para as amostras de sementes de *M. cauliflora*

^aGraus de liberdade. Número de amostras = 15; Classes: 1 (n = 6); 2 (n = 6); 3 (n = 3).

A CDA2, por sua vez, discriminou (37,5%; $F = 44,9$; $GL = 2$ e 11 ; $p = 0,001$) a classe 2, formada por sementes oriundas de frutos dos solos S2 e S3, devido ao escore positivo (1,27) para vescalagina. Valores negativos de CDA2 correlacionaram-se ao aumento do teor de flavonoides (-0,98), especialmente na classe 1, de sementes dos solos S1 e S4. Todas as amostras foram classificadas corretamente pelas técnicas de reamostragem por Jackknife e validação cruzada.

A importância dos fatores ambientais, associados aos nutrientes minerais, na produção de constituintes químicos pelas sementes sugere que os fabricantes de produtos derivados destes frutos devem concentrar seus esforços em variáveis edáficas dos locais de amostragem.

3.3 Análise Multivariada das Cascas

A modelagem da RDA para as amostras de cascas (Figura 2) resultou em correlações significativas para os dois primeiros eixos canônicos ($R_1 = 0,889$ e $R_2 = 0,876$); $VIF < 2,0$ e variância explicada alta ($R^2 = 71,9\%$; $R^2_{aj} = 64,2\%$; $F = 17,4$; $p = 0,002$), sugerindo forte associação entre as matrizes dos metabólitos e a dos nutrientes minerais das cascas e do solo de cultivo dos frutos.

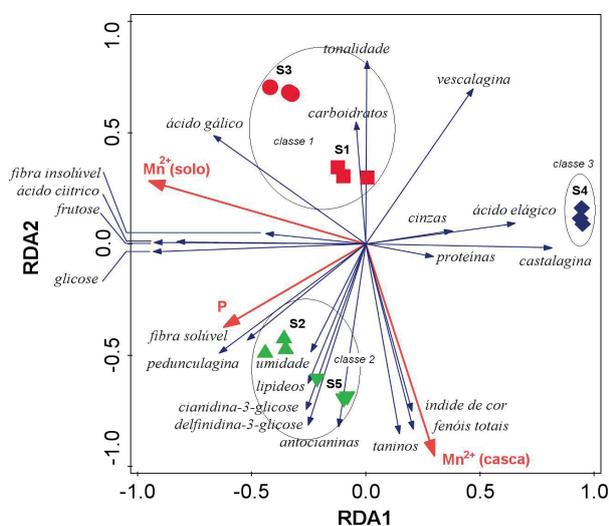


Figura 2. Diagrama da RDA dos 22 metabólitos (setas azuis) das cascas de *M. cauliflora*, cultivados nos solos S1-S5, explicados pelos seus nutrientes minerais (P e Mn^{2+}) e do solo (Mn^{2+}), representados por setas vermelhas.

A RDA1 foi responsável por 61,2% da variação explicada ($F = 17,4$; $p = 0,002$) e separou as cascas com teores baixos de P e Mn^{2+} , provenientes de frutos do solo arenoso/argiloso do tipo cascalho, com pouco nutriente e pobre em Mn^{2+} (S4), principalmente devido ao acúmulo ácido elágico e castalagina. Quanto a RDA2 (10,3%; $F = 4,0$; $p = 0,048$), os maiores valores correlacionaram-se às cascas de frutos com maior tonalidade, provenientes dos solos ricos em Mn^{2+} (S1 e S3) e que acumularam majoritariamente vescalagina, carboidratos e ácido gálico. Por outro lado, valores negativos da RDA2 correlacionaram-se aos maiores teores de Mn^{2+} e P nas cascas ricas em taninos, fenóis e antocianinas totais, incluindo cianidina-3-glicose e delphinidina-3-glicose, além do índice de cor, cujos frutos foram cultivados nos solos S2 e S5. O fósforo é um elemento essencial para o crescimento, sendo componente de compostos fosfatados que encerram energia (ATP e ADP), ácidos nucleicos, coenzimas e fosfolipídeos, e participando de várias etapas de rotas biossintéticas de metabólitos especiais (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001). Esse elemento também influenciou o nível de antocianinas em cultivares de morangos. Em estudos onde foram utilizados tratamentos com adubação fosfatada em campo foi observado um aumento nas concentrações de ácido ascórbico e de antocianinas totais. A aplicação foliar de fosfito pode ativar o mecanismo de defesa das plantas, pois o conteúdo de ácido ascórbico e de antocianinas das frutas aumentam (GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015).

Assim, enquanto a RDA1 descreve a influência de fatores nutricionais do solo, a RDA2 contribui para os nutrientes minerais das amostras.

A análise por fuzzy *c*-means confirmou a tendência de agrupamento das amostras, o qual apresentou um alto coeficiente normalizado de Dunn (0,91) indicando a ausência de sobreposição interclasses. A validação dos resultados, conduzida pela CDA, utilizou os teores de ácido elágico e pedunculagina como variáveis preditoras (Tabela 5).

Função canônica	Autovalor	Porcentual relativo	Correlação canônica	Lambda de Wilks	F	GL ^a	P
CD1	37,058	99,8	0,981	0,024	29,88	4; 22	0,001
CD2	0,087	0,2	0,288	0,920	1,04	1; 12	0,327

Coefficientes	Pedunculagina	Ácido elágico
CD1	0,78	-1,11
CD2	0,84	0,28

Escores	Classe 1	Classe 2	Classe 3
CD1	1,01	4,24	-10,50
CD2	0,32	-0,25	-0,14

Validação	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total
	100%	100%	100%	100%

Tabela 5. Sumário da análise de discriminante das cascas dos frutos de *M. cauliflora*

^aGraus de liberdade. Número de amostras = 15; Classes: 1 (n = 6); 2 (n = 6); 3 (n = 3).

Os resultados indicaram uma excelente classificação com o valor baixo do lambda de Wilks ($\Lambda_1 = 0,034$) indicando o grande poder de discriminação das amostras utilizando apenas as duas variáveis explicativas. O modelo apresentou uma forte correlação ($R_1 = 0,981$) na primeira função discriminante (CDA1), responsável pela maioria da variabilidade (99,7%; $F = 29,88$; GL = 4 e 22; $p = 0,001$), e que separou as três classes pelos escores negativo (-1,11) e positivo (0,78) para a pedunculagina e ácido elágico, respectivamente, sem qualquer amostra mal classificada.

Dessa forma, os metabólitos das cascas também podem ser modelados pelo conteúdo nutricional dos solos e o regime de adubação é determinante para explicar a variabilidade química nas cascas dos frutos de *M. cauliflora*.

4 | CONCLUSÃO

A jabuticabeira é uma das frutíferas cujos estudos devem ser intensificados pelo potencial de utilização e qualidade de subprodutos até o momento sem destaque em sua cadeia produtiva, como as cascas e sementes.

Os resultados indicaram que os metabólitos são mais adequadamente explicados quando analisados separadamente, por parte do fruto, o que reflete diferenças marcantes na qualidade e teor de alguns metabólitos nas sementes e cascas. O Mn^{2+} se destacou entre os nutrientes minerais tanto do solo de cultivo quanto das partes do fruto, enquanto o Cu^{2+} e o fósforo tiveram destaques diferenciados na explicação dos metabólitos das sementes e cascas, respectivamente. Em ambos os casos, as amostras conduziram a três agrupamentos de acordo com os metabólitos, porém com diferenças entre o solo de cultivo dos frutos.

Teores mais elevados de vescalagina, ácido gálico e carboidratos totais nas cascas ocorreram em solos com maior concentração de nutrientes como matéria orgânica, P, Mn^{2+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} , enquanto que solos mais arenosos e com baixos níveis de nutrientes apresentaram altos teores de taninos, antocianinas e fenóis totais, além de pedunculagina. Por outro lado, as sementes provenientes de solos com maior pH e níveis mais elevados de P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} apresentaram os maiores teores em ácido elágico, vescalagina, castalagina e carboidratos totais, enquanto aquelas com altos teores de taninos, flavonoides e fenóis totais originaram-se principalmente de solos argilosos com características nutricionais intermediárias.

Esses resultados são relevantes, pois as qualidades dos vinhos de jabuticaba estão principalmente associadas à composição química da polpa e da casca dos frutos, enquanto que as propriedades associadas às sementes são de importância como matéria-prima para a indústria farmacêutica ou alimentícia, como fonte potencial de ingredientes funcionais. Dessa forma, o manejo do solo e o conteúdo nutricional dos frutos destacam-se como importantes parâmetros para a melhoria da qualidade desses subprodutos para a cadeia produtiva da jabuticaba.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e ao PADCT pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALEZANDRO, M. R. et al., Comparative study of chemical and phenolic compositions of two species of jaboticaba: *Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg and *Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg. **Food Research International**, Oxford, v. 54, n. 1, p. 468-477, nov. 2013.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC. **Official methods of analysis**. 18th ed. Washington: Association of Official Agriculture Chemists, 2006.
- BALERDI, C. F.; RAFIE, R.; CRANE, J. Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg.): a delicious fruit with an excellent market potential. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Gainesville, v. 119, p. 66-68, abr. 2006.
- BORGES, L. L. et al., Optimization of the spray-drying process for developing jaboticaba waste powder employing response. **Journal of Food Process Engineering**, Nova Jersey, v. 40, n. 1, e12276, fev. 2017.
- CANONICAL COMMUNITY ORDINATION-CANOCO. Version 5.0: Biometrics, The Netherlands, 2012.
- CROZIER, A.; JAGANATH, I. B.; CLIFFORD, M. N. Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. **Natural Product Reports**, London, v. 26, n. 8, p. 1001-146, ago. 2009.
- DIAZ, J. et al., Induction of shikimate dehydrogenase and peroxidase in pepper (*Capsicum annuum* L.) seedlings in response to copper stress and its relation to lignification. **Plant Science**, v. 161, n. 1, p. 179-188, jun. 2001.
- FARIA, G. S. et al., Caracterização química da casca de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) liofilizada e sua aplicação em leite fermentado potencialmente simbiótico. **Jornal de Ciências Biomédicas e Saúde**, v. 2, n. 1, p. 2-9, jun. 2016.
- GÓMEZ-MERINO, F. C.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. Biostimulant activity of phosphite in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 82-90, nov. 2015.
- GUANGQIU, Q.; CHONGLING, Y.; HAOLIANG, L. Influence of heavy metals on the carbohydrate and phenolics in mangrove, *Aegiceras corniculatum* L., seedlings. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 78, n. 6, p. 440-444, jun. 2007.
- LEPŠ, J.; ŠMILAUER, P. **Multivariate analysis of ecological data using Canoco**. Cambridge: Cambridge University Press, UK, 2007.
- LIMA, A. J. B. et al., Caracterização química dos frutos de jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg.) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 58, n. 4, p. 416-421, out. 2008.
- LIN, C. C.; CHEN, L. M.; LIU, Z. H. Rapid effect of copper on lignin biosynthesis in soybean roots. **Plant Science**, v. 168, n. 3, p. 855-861, mar. 2005.
- MORALES, P. et al., Non-fermented and fermented jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Mart.) pomaces as valuable sources of functional ingredients. **Food Chemistry**, v. 208, p. 220-227, out. 2016.
- OLIVEIRA, A. L. et al., Caracterização tecnológica de jaboticabas "Sabará" provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 397-400, dez. 2003.

- PEREIRA, L. C. et al., Polyphenol and ellagitannin constituents of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) and chemical variability at different stages of fruit development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 65, n. 5, p. 1209-1219, fev. 2017.
- PLAZA, M. et al., Characterization of antioxidant polyphenols from *Myrciaria jaboticaba* peel and their effects on glucose metabolism and antioxidant status: a pilot clinical study. **Food Chemistry**, v. 211, p. 185-197, nov. 2016.
- R CORE TEAM, R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 8 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2014.
- REYNERTSON, K. A. et al., Bioactive depsides and anthocyanins from jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*). **Journal of Natural Products**, Washington, v. 69, n. 8, p. 1228-1230, ago. 2006.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS-SAS. Version 6.12: SAS Institute Inc., Cary, USA, 1996.
- SIVA, F. C., **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 1999.
- SOUZA, A. C. P.; POLIANA, D. G.; MARCZAK, L. D. F. Maltodextrin, pectin and soy protein isolate as carrier agents in the encapsulation of anthocyanins-rich extract from jaboticaba pomace. **Food and Bioproducts Processing**, London, v. 102, p. 186-194, mar. 2017.
- WU, S. B. et al., Metabolite profiling of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) and other dark-colored fruit juices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 30, p. 7513-7525, jul. 2012.
- WU, S. B.; LONG, C.; KENNELLY, E. J. Phytochemistry and health benefits of jaboticaba, an emerging fruit crop from Brazil. **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 148-159, 2013.
- WU, S. B. et al., Bioactive and marker compounds from two edible dark-colored *Myrciaria* fruits and the synthesis of jaboticabin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 17, p. 4035-4043, abr. 2013.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio - Doutorando em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná – UFPR (2019-2023), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR (2014-2016), Especialista MBA em Agronegócios – CESCAGE (2010). Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009). Atualmente é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-185-5

